



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

I.U. SISTEMAS INTELIGENTES Y APLICACIONES NUMÉRICAS EN INGENIERÍA

**PROGRAMA DE DOCTORADO: SISTEMAS INTELIGENTES Y APLICACIONES NUMÉRICAS
EN INGENIERÍA**

Título de la Tesis

**CONTRIBUCIONES A LA OPTIMIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN
DE LOS ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS**

Tesis Doctoral presentada por D. Jorge Arribas Castañeyra

Dirigida por el Dr. Gabriel Winter Althaus

Codirigida por el Dr. Francisco Mario Hernández Tejera

El Director,

El Codirector,

El Doctorando,

Las Palmas de Gran Canaria, a 13 de Noviembre de 2015

INDICE

PROLOGO	9
INTRODUCCIÓN.	11
PARTE I. CONCEPTOS GENERALES APLICADOS.	17
I.1. PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.....	19
<i>I.1.1.- ¿QUE ES PROYECTAR?</i>	<i>21</i>
<i>I.1.2.-PROYECTO Y MÉTODO.</i>	<i>22</i>
<i>I.1.3.-EMPLEO DE LA GEOMETRÍA Y DEL MÓDULO.....</i>	<i>26</i>
<i>I.1.4.-REVISIÓN HISTÓRICA DEL USO DE LOS PATRONES ESPACIALES.</i>	<i>27</i>
<i>I.1.5.- ALEXANDER KLEIN Y CHRISTOPHER ALEXANDER. TEORÍAS DEL USO DE PATRONES.....</i>	<i>31</i>
1.1.5.1.- Alexander Klein: parametrización del espacio habitable.....	31
1.1.5.2.- Christopher Alexander: Lenguaje de patrones.	33
I.2. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ARQUITECTURA. ESTADO DEL ARTE.	41
<i>I.2.1.- SOBRE LA AUTOMATIZACIÓN DE DISTRIBUCIONES.</i>	<i>45</i>
<i>I.2.2.- MODELOS DE PROCEDIMIENTOS.....</i>	<i>45</i>
1.2.2.1.- Gramática de forma. Villas de Palladio.....	46
1.2.2.2.- Gramática de forma de ‘casas de la pradera’ de Wright.....	50
<i>I.2.3.- AUTOMATIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL EN ARQUITECTURA.</i>	<i>54</i>
1.2.3.1.- La automatización de la distribución espacial en arquitectura: ¿una utopía?	54
1.2.3.2.- ¿Puede diseñar una máquina?	54
1.2.3.3.- Fases de la distribución espacial en planta. El programa de necesidades.	55
<i>1.2.4.- ESTADO DEL ARTE EN AUTOMATIZACIÓN Y DISTRIBUCION DE PLANTAS ARQUITECTÓNICAS.</i>	<i>57</i>
I.3.- LA INFORMÁTICA EN LA ARQUITECTURA. APLICACIONES SOFTWARE ACTUALES DE AYUDA A LA PROYECTACIÓN.	81
I.4.- METODOS HEURÍSTICOS. ALGORITMOS EVOLUTIVOS. BIOLOGÍA EVOLUTIVA COMO METÁFORA.....	89
I.5.- ANALOGÍA LENGUAJE BIOLÓGICO CON LENGUAJE ARQUITECTÓNICO.....	99

I.6.- NORMATIVAS APLICADAS A LA EDIFICACIÓN Y URBANISMO	105
<i>I.6.1.-INTERESES SOCIALES FRENTE INTERESES INDIVIDUALES</i>	107
<i>I.6.2.-CLASIFICACIÓN DE LAS NORMATIVAS:</i>	108
1.6.2.1.- NORMATIVAS QUE AFECTAN A LA CALIDAD. MINIMOS REQUERIMIENTOS:	109
1.6.2.1.- NORMATIVAS QUE AFECTAN A LA CANTIDAD. MÁXIMOS PERMITIDOS. USOS PERMITIDOS.	111
I.7.- ECONOMÍA DE LA PROMOCIÓN Y DE LA CONSTRUCCIÓN	113
1.7.1.- <i>LA ECONOMÍA DE LA EDIFICACIÓN</i>	115
1.7.2.- <i>COSTE DE LA EDIFICACIÓN</i>	115
1.7.3.- <i>PRECIO DE VENTA</i>	117
PARTE II. CONTRIBUCIONES EN OPTIMIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS. TEORÍA DEL PROYECTAR ALGORITMIZABLE DE LA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS EN LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA	119
II.1.-TEORÍA DE LA PROYECTACIÓN ALGORITMIZABLE	121
II.1.1.- <i>TRES PILARES PARA UNA TEORÍA DEL PROYECTAR ALGORITMIZABLE</i>	124
II.1.2.- <i>EJEMPLO MÍNIMO INTRODUCTORIO</i>	125
II.1.3.- <i>EXPLICACIÓN DE LOS TRES PREMISAS</i>	129
II.1.4.- <i>ACOTADO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. PLANTEAMIENTO GENERAL</i>	131
II.2.- ESTUDIO DE LA CASUÍSTICA DE LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA	135
II.2.1.- <i>MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS ARQUITÉCTÓNICOS</i>	137
II.2.2.- <i>DESCRIPCIÓN DE LA CASUISTICA</i>	138
II.2.3.- <i>ANATOMÍA DE UNA PLANTA</i>	139
II.2.4.- <i>LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA. REPERCUSIÓN EN SUS SISTEMAS FUNCIONALES</i>	141
II.2.5.- <i>ALGORITMOS DE PROYECTACIÓN FRENTE A PROMOCIÓN ESPECULATICA Ó PROMOCIÓN ARTÍSTICA. INDEFINICIÓN DEL POLÍGONO CONTORNO O EL PROBLEMA DEL LÍMITE</i>	144
II.3.- LOS DATOS DE PARTIDA. ENTORNO. EL HÁBITAT DEL SER VIVO. LA PARCELA	145
II.3.1.- <i>HÁBITAT DE UN EDIFICIO EN PLANTA</i>	147
II.3.1.1.- <i>DEFINICIÓN DE LOS PLANOS DE TRABAJO</i>	147
II.3.1.2.- <i>DEFINICIÓN DEL POLÍGONO DE CONTORNO</i>	149

II.3.1.3.- DEFINICIÓN DE PREEXISTENCIAS	153
II.3.2.- LOS DATOS DE LA PARCELA. SU TRADUCCIÓN A LA MÁQUINA.....	154
II.4.- EL PROGRAMA DE NECESIDADES. NORMALIZACIÓN Y FORMALIZACIÓN.	159
II.4.1.- ¿QUÉ ES EL PROGRAMA DE NECESIDADES?	161
II.4.2.- EL FORMATO DEL PROGRAMA DE NECESIDADES EN LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.	161
II.4.3.- UN EJEMPLO DE ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA: LA ARQUITECTURA DIAGRAMÁTICA DE KAZUYO SEJIMA.	164
II.4.4.- EL FORMATO DEL PROGRAMA DE NECESIDADES EN LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA DE LA MÁQUINA. TEORÍA DEL PROYECTAR ALGORITMIZABLE.	168
II.4.5.- PROGRAMA DE NECESIDADES BÁSICO Y PROGRAMA DE NECESIDADES COMPLETO.....	168
II.4.6.- ELECCIÓN DEL PROGRAMA DE NECESIDADES BÁSICO ÓPTIMO.	169
II.4.7.- CREACIÓN DEL ÁRBOL DE PROGRAMA DE NECESIDADES COMPLETO.	170
II.4.8.- EJEMPLO REAL DE UN PROGRAMA DE NECESIDADES PROPUESTO POR EL PROMOTOR.	171
II.4.9.- DATOS GENERADOS A PARTIR DE UN PROGRAMA DE NECESIDADES.	172
II.4.10.- JERARQUÍA Y ESCALA EN EL PROGRAMA DE NECESIDADES Y EL ORGANIGRAMA FUNCIONAL	173
II.4.11.- DESCRIPCIÓN PORMENORIZADA DE DATOS CONTENIDOS EN UN PROGRAMA DE NECESIDADES.....	177
II.4.11.1.- UNIDAD MÍNIMA. LA CÉLULA. LA HABITACIÓN. LA CABAÑA PRIMITIVA. E3.....	177
II.4.11.2.- CONJUNTO FUNCIONAL. EL ÓRGANO. LA VIVIENDA. ESCALA E2.	183
II.4.11.3.- EL EDIFICIO. EL SER VIVO. E1.	186
II.4.11.4.- EL URBANISMO. LA CIUDAD. ESCALA E0. LA COMUNIDAD.	188
II.4.11.5.- LA ESCALA TERRITORIAL.	193
II.4.12.- PROGRAMA DE NECESIDADES: SU TRADUCCIÓN A LA MÁQUINA.....	194
II.4.13.- GENERADOR DE PROGRAMAS DE NECESIDADES.....	194
II.5.- EL ORGANIGRAMA FUNCIONAL. METODO DE CREACIÓN. NORMALIZACIÓN Y FORMALIZACIÓN.	197
II.5.1.- EL ORGANIGRAMA FUNCIONAL EN LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.	199
II.5.2.- EL ORGANIGRAMA FUNCIONAL EN LA TEORÍA DE PROYECTACIÓN ALGORITMIZABLE. NORMALIZACIÓN.	201

II.5.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN ORGANIGRAMA FUNCIONAL.....	210
II.5.4.- GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE LOS ORGANIGRAMAS FUNCIONALES.....	214
II.5.5.-SIMPLIFICACIÓN GRÁFICA DEL ORGANIGRAMA FUNCIONAL.....	219
II.5.6.- GENERACIÓN DEL CUADRO DE CONTACTOS.....	220
II.5.7.- JERARQUÍA Y ESCALA EN EL ORGANIGRAMA FUNCIONAL Y PROGRAMA DE NECESIDADES.	222
5.8.- SUBDIVISIÓN DE PLANTAS EN NIVELES.....	230
5.9.-RESUMEN GENERACIÓN ORGANIGRAMAS FUNCIONALES.....	234
5.10.- CONCEPTO DE FLUJO DE COMUNICACIONES Y SUS ORGANIGRAMAS FUNCIONALES.....	235
II.6.- SISTEMA DE ESPACIOS LIBRES. SISTEMA RESPIRATORIO.....	239
II.6.1.-CASUÍSTICA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA RESPIRATORIO.....	241
II.6.2.- EL PROGRAMA DE ESPACIOS LIBRES SEGÚN EL USO DE LA EDIFICACIÓN.....	241
II.6.3.- REQUERIMIENTOS DE ESPACIOS LIBRES DETERMINADOS POR EL PROGRAMA DE NECESIDADES BÁSICO.....	243
II.6.3.1.- FACHADA DISPONIBLE MÍNIMA. REQUERIMIENTO DE PATIO.....	243
II.6.4.- TIPOLOGÍAS DE ESPACIOS LIBRES EN EL SISTEMA RESPIRATORIO.....	245
II.6.5.- EXTENSIBILIDAD DE LAS CUALIDADES DE ESPACIO LIBRE A ESPACIOS CONTIGUOS. PATIOS COMO PARTE DEL SISTEMA CIRCULATORIO. ESPACIOS DE COMUNICACIÓN COMO PARTE DEL SISTEMA RESPIRATORIO.....	247
II.6.6.- CÉLULAS O HABITACIONES DEL ESPACIO LIBRE Y SUS USOS.....	248
II.7.- LA PROBLEMÁTICA DEL OPTIMIZADOR. APORTACIONES A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS POR EL MÉTODO.....	251
II.7.1.- RESOLUCIÓN GEOMÉTRICA. DETERMINACIÓN DE PROBLEMAS EN SU CREACIÓN.....	255
II.7.2.-PROCEDIMIENTO OPTIMIZADOR:.....	256
II.7.2.1.- ENTORNO DE TRABAJO. FORMATO DE INDIVIDUO. MATRIZ.....	256
II.7.2.2.- CONFORMACIÓN DE UN INDIVIDUO.....	257
II.7.2.3.-INDIVIDUOS INICIALES.....	258
II.7.2.4.- PROCEDIMIENTOS PARA GENERAR INDIVIDUOS VIABLES Y ÓPTIMOS.....	258
II.7.2.5.- ESCALABILIDAD DEL OPTIMIZADOR.....	258
II.7.3.- PROBLEMA MÍNIMO CON CONDICIONES DE CONTORNO Y PREEXISTENCIAS.....	259

<i>II.7.4.-APROXIMACIÓN AL USO DEL OPTIMIZADOR PARA UN PLANTA CON VARIAS VIVIENDAS. ...</i>	<i>261</i>
II.8.- LA FUNCIÓN OBJETIVO. EL MEJOR INDIVIDUO. LA DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA.	267
<i>II.8.1.- EL ÓPTIMO EN LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.....</i>	<i>269</i>
<i>II.8.1.1. -EL OBJETIVO DEL PROMOTOR PRIVADO.....</i>	<i>269</i>
<i>II.8.1.2.-EL OBJETIVO DEL PROMOTOR PÚBLICO.</i>	<i>272</i>
<i>II.8.2.- EL ÓPTIMO EN LA PROYECTACIÓN MÁQUINA. RESPUESTA DEL OPTIMIZADOR A LAS TRES PREMISAS DEL MÉTODO.....</i>	<i>273</i>
II.9.- METODO COMPLETO.	275
<i>II.9.1.-DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL PROBLEMA.....</i>	<i>277</i>
<i>II.9.2.- FASES DE MÉTODO.</i>	<i>277</i>
<i>II.9.3.- CARACTERÍSTICAS DE LAS FASES.....</i>	<i>279</i>
<i>II.9.3.1.- FASE 1.- GENERACIÓN DE CONJUNTOS DE DATOS (RAMAS, ESPECIES).</i>	<i>279</i>
<i>II.9.3.2.- FASE 2.- BUSQUEDA DEL INDIVIDUO ÓPTIMO. ALGORITMOS EVOLUTIVOS PARA LA BUSQUEDA DEL ÓPTIMO.</i>	<i>283</i>
<i>II.9.4.- SIMPLIFICACIÓN MEDIANTE LA ESCALA.</i>	<i>286</i>
<i>II.9.5.- INTERVENCIÓN HUMANA EN EL MÉTODO.</i>	<i>287</i>
PARTE III. CONCLUSIONES, PRINCIPALES APORTACIONES Y LINEAS FUTURAS.....	289
PARTE IV. APENDICES.....	301
<i>BIBLIOGRAFIA.....</i>	<i>303</i>
ANEXO I. ESQUEMA SÍNTESIS.	
ANEXO II. ESQUEMA GENERAL DEL PROCEDIMIENTO.	

PROLOGO

Acabada la carrera de Arquitectura en el año 2000, me traslado a Londres para desarrollar la Beca Leonardo en el estudio de Alejandro Zaera Polo, arquitecto de vanguardia español, que estaba despuntando en ese momento. Al mismo tiempo, no recuerdo porqué, estaba cursando la carrera de Matemáticas por la UNED. Y en ese entorno, entre estudiando para los exámenes de Automatas de la asignatura de Informática y repitiendo plantas arquitectónicas con ligeros cambios para un proyecto, me rondaba por la cabeza, esto se tiene que poder automatizar, esta tarea repetitiva es absurda.

Ya de vuelta a Fuerteventura, en 2005, descubro un Programa de Doctorado con el para mí, exótico nombre de “Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería”, y pienso si es posible automatizar la distribución en Planta, este sería un buen campo de cultivo. Recuerdo que ya por aquel año hablé con Gabriel Winter, le expliqué mi inquietud y la acogió con gran entusiasmo, para mi asombro.

A partir de aquí todo fue muy raro, los cursos muy complejos para mis conocimientos a la vez que muy estimulantes, un mundo totalmente alejado de la visión arquitectónica de los conceptos a la que yo estaba acostumbrado. Computación Inteligente, Modelado, Optimización, etc. A cada término le encontraba el sentido orientado a mi inquietud.

En 2011, después de pasar la Suficiencia Investigadora, comienzo con el desarrollo de la Tesis con Gabriel Winter y Mario Hernández. Desde el principio está sobre la mesa los conceptos de Creatividad, Inteligencia Artificial, ¿puede diseñar una máquina? Lo que a mí me parecía extraño, era que no se hubiera desarrollado una Aplicación Informática para los procesos Automáticos de la Distribución en planta. Sabía de la reticencia inicial de los Arquitectos siquiera a concebirla y lo he constatado a lo largo del desarrollo. Pero lo que he descubierto, es que la amplísima casuística de la proyectación Arquitectónica es lo que ha impedido que algunos prototipos hayan prosperado. No es una mera Optimización, la modelización de la amplísima problemática es donde recae la utilidad y aplicabilidad de una posible Aplicación Informática de Automatización de Distribución en Arquitectónica.

Durante la Investigación y redacción de la Tesis me he dado cuenta que el Objetivo Inicial era demasiado ambicioso y una posible Aplicación Informática de Automatización de Distribución en Arquitectónica se iba a dividir en dos motores. Un modelador-traductor del lenguaje arquitecto al lenguaje informático y una máquina optimizadora. Me he centrado en el modelado del problema de la Distribución en Planta que pudiera acoger toda la casuística, pero también en la Tesis apunto algunas ideas para el funcionamiento del Optimizador.

Dar las gracias a José Juan Hernández Cabrera por las aportaciones en materia de Lenguaje, modelo, intentar entendernos entre un Arquitecto y unos Informáticos ya era suficiente para producir sinergias. Begoña González Landín me planteaba otros problemas para aplicar los algoritmos Genéticos, Gabriel con su convicción de aplicabilidad de los mismos y Mario para aclarar conceptos generales y pautas.

Acabar la Tesis no es un fin, sino el comienzo para el desarrollo de un Prototipo.

INTRODUCCIÓN.

METODO DE OPTIMIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS.

-Dile que me espere en la sala de reuniones, le dije a mi secretaria.

Mientras, acabo de discutir las distribuciones de los dormitorios con mi delineante para que cumplan con la normativa de habitabilidad, que resulta que entonces no me caben dos camas, porque el volado no puede ser de más de 1m. y la ordenanza Urbanística ha cambiado.” Pues tendré que cambiar la caja de escaleras otra vez”, a ver si así encajan las tres viviendas por planta que me han pedido.

Me dirijo a la sala de espera pensando qué tipo de cliente me estaría esperando,

1.-Tendrá las cosas claras y será un trabajo fácil pero aburrido. ¡Bien, pagaré las facturas del mes!.

2.-Será un Mirlo Blanco, querrá que desarrolle toda mi creatividad dejándose aconsejar y además tendrá dinero. Podré demostrar lo que valgo y me darán el Pritzker!

3.- Creerá que sabe lo que quiere, pero no lo sabe y no se deja aconsejar y será una tortura de pequeños cambios infinitos y además pondrá en duda mi capacidad. Llevará al estudio a la ruina y me hundirá la moral.

Y multitud de posibles clientes...

Relato del autor

INTRODUCCIÓN.

La presente Tesis propone una **Contribución a la optimización en la Proyección Arquitectónica**. Un método que se convierta en un Instrumento Informático de ayuda a la Proyección.

El término PROYECCIÓN ARQUITECTÓNICA es muy amplio. Esta Tesis se centra en la **PROYECCIÓN EN PLANTA**, es decir, en la forma tradicional de representar un proyecto arquitectónico, de representar los espacios y sus vinculaciones, un lenguaje universal que todos los técnicos de la edificación conocen, tanto en proyecto como en obra. No es un lenguaje natural, de forma que una persona ajena a este mundo, no entenderá los espacios ni podrá recrear en su mente lo que se pretende con la planta. Por ello es tan importante el uso de maquetas, tanto físicas como virtuales, para explicar los proyectos. La planta representa un corte de la edificación a 1,2 m. de altura y por medio de símbolos expresa todos los elementos necesarios para su definición.

¿Puede diseñar una máquina? Esta es la pregunta que subyace en esta Tesis, y de aquí nos deslizamos hacia todo un debate filosófico-científico que comenzó en los años 70 con el desarrollo de la Inteligencia Artificial, ¿pueden pensar las máquinas?, bueno, en ajedrez ya han conseguido derrotar al mejor humano. En cierto modo ¿somos los humanos máquinas? En la presente Tesis no se van a tratar de dar respuestas a estas preguntas. En la Parte Primera, explicaremos todos estos conceptos y como han influido en la Inteligencia Artificial y en las investigaciones desarrolladas en este campo de la Creatividad de una Máquina.

Para desarrollar esta Tesis voy a exponer una **Teoría del Proyectar que sea Algoritmizable**. Entendiendo por ello, unas descripciones de los sistemas de proyectar y de los sistemas algorítmicos, con el objetivo de conseguir que la informática se pueda relacionar con el diseño. Esta Teoría de Proyectar no será un intento de copia de los sistemas de proyectar humano, al igual que un avión no vuela moviendo las alas como un pájaro. Y por tanto los algoritmos no simulan el comportamiento de proyección humana, sino sintetizan los comportamientos de transformación de los espacios en una planta, como si ellos tuvieran identidad propia sin acción humana que los definiera.

Retomamos a nuestro Arquitecto a punto de recibir por primera vez a su cliente. Vemos a nuestro Arquitecto intentando resolver un puzzle, tenemos unas piezas hay que moverlas una y otra vez hasta que encajen con lo que se le piden. Esto se reduce a tiempo y experiencia combinando hasta dar con el óptimo. Bueno, esta tarea de combinatoria y búsqueda parece que encaja con la definición de algo mecanizable. Esta es una tarea del arquitecto que se puede considerar objeto de estudio en Inteligencia Artificial.

Por otro lado, tenemos la parte del arquitecto de definir-encontrar el problema. Encontrar el problema conjuga elementos de empatía con la persona, con el lugar, con el territorio. ¿Qué es lo que quiere el cliente, que hace que funcione con el lugar, como vive el cliente?, porque eso es lo que hace el Buen Arquitecto, crear una edificación en la que los usuarios estén felices y en armonía con el exterior y la convivencia entre usuario, edificio y ciudad sea fluida. El arquitecto tiene que encontrar el problema y hallar las piezas del puzzle.

Por tanto, tenemos que primero hallar las piezas del puzle y luego resolverlo, esto es: Proyectar. Lo que pretende esta Tesis es ayudar al Arquitecto a realizar mejores proyectos. Proyectos más óptimos, más rápidos y más creativos. Para ello se estudia el proceso de proyectación, sus fases, sus conceptos, sus ideas, que vamos a tratar de cuantificar, sintetizar, parametrizar, desmenuzar para que posteriormente los pueda “entender” el ordenador. Algunos de estos conceptos son concretos y medibles, otros son abstractos y se propondrá un método para su traducción.

¿Son las máquinas capaces de procesar todos estos conceptos, hallar las mejores piezas del puzle y luego con ellas encontrar un conjunto de soluciones óptimas? Esta es la pregunta que vamos a estudiar en la Tesis. Esta Tesis se encuentra enmarcada en el Programa de Doctorado: Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería. Los investigadores del departamento son Ingenieros, Matemáticos, Informáticos que desarrollan sus investigaciones en Sistemas Avanzados de Optimización. La herramienta principal para la Búsqueda y Optimización serán los **ALGORITMOS GENÉTICOS**, para ello también introduciremos conceptos de **BIOLOGÍA EVOLUTIVA** para entender los edificios y poder traducirlo a lenguaje Informático y resolverlo mediante Algoritmos Genéticos.

Conceptualizaremos una cierta solución de edificación en planta como un **individuo**, un individuo que competirá con otras soluciones de manera que el mejor permanece, se cruza con otros o sufre mutaciones y sobre la población de individuos se produce la selección natural por presión del entorno. En esto consisten los algoritmos genéticos, búsqueda de individuos, **cruce y mutación** hasta hallar los óptimos. Consideraremos las habitaciones como células, células que conforman órganos (conjuntos funcionales) y estos conforman el individuo (solución).

La máquina tendrá que ser capaz de buscar los **individuos viables**, ponerlos a competir según una **función objetivo** y dar como solución un conjunto de óptimos.

El cliente le dice al arquitecto: Quiero una casa de tres habitaciones, métalo en el ordenador a ver que sale.

Ojala fuera tan fácil, eso no existe –contesta el arquitecto-.

En la presente Tesis nos moveremos entre tres Lenguajes de expresión:

- **Un lenguaje Arquitectónico**, términos, técnicas, métodos que utilizan los arquitectos para proyectar y en concreto para distribuir en planta. Plantearemos como se hace, que problemas surgen en la proyectación, como se hallan los datos de partida y como se resuelven. Anticipamos que uno de los problemas cuando se le encarga a un arquitecto resolver una planta, es que no están definidos los requerimientos iniciales de forma estricta.
- **Un lenguaje Geométrico**, todas las reflexiones del lenguaje arquitectónico las tenemos que traducir a números, para ello tendremos que sistematizar y simplificar todos los conceptos, pero con la complejidad de que si simplificamos demasiado el método no

sea capaz de resolver toda la inmensa casuística que se da en la proyectación arquitectónica. Este parece haber sido el problema principal para el desarrollo de herramientas de este tipo, son lenguajes que carecen de la flexibilidad que exige la creatividad humana.

- Un lenguaje de **Biología Evolutiva**, utilizaremos este lenguaje como medio para realizar una traducción de los conceptos arquitectónicos a los geométricos. Dado que es un lenguaje que se adapta a ambos medios. Pensaremos en las habitaciones como células que conforman un individuo que es la planta. Estos individuos competirán entre sí para hallar al óptimo.

La Tesis se divide en tres Partes:

En la **parte I** se introducirán todos los conceptos base de los tres lenguajes que luego utilizaremos en la resolución del método, así como el estado del arte. En esta parte se desarrolla el aspecto teórico de la Tesis. *Conceptos generales aplicados* o parte epistémica que desarrolla el ámbito general que servirán para el desarrollo del trabajo. Puesto que el trabajo se centra, como se ha expresado, en optimización para la distribución de espacios arquitectónicos, parece lógico comenzar por el estudio de los planteamientos epistemológicos más generales, que tienen una importante repercusión en los procesos de generación de la arquitectura.

En la **parte II** cuando empecemos a desarrollar el método se afrontaran cada uno de los problemas desde estas tres perspectivas. Aporto ideas de cómo funciona un espacio, sus relaciones con los otros espacios, como se conforman y comunican, programas de necesidades, organigramas funcionales, tipos de espacios y una aproximación-idea de cómo se puede realizar la optimización. Constituye el marco teórico de la misma y plantea las contribuciones en optimización para la proyectación de espacios arquitectónicos, es decir, el planteamiento teórico para la creación de una teoría del proyectar algoritmizable.

En la **parte III**, denominada *Conclusiones y líneas futuras*, se exponen las reflexiones sobre las aportaciones realizadas, sintetizadas como “métodos” que resumen los procedimientos obtenidos en este trabajo, así como unos apuntes finales sobre futuras líneas de investigación.

PARTE I. CONCEPTOS GENERALES APLICADOS.

I.1. PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.

“La arquitectura se compone de orden, que los griegos llaman taxis; de disposición, a la que dan el nombre de diátesis; de euritmia o proporción (simetría, decoro) y de distribución que en griego se dice oikonomia.”¹

Vitruvio. Los Diez Libros de Arquitectura.

¹*Vitruvio. Los Diez Libros de Arquitectura.* Editorial Iberia S.A. Col. Obras Maestras. Barcelona, 1970

I.1.1.- ¿QUE ES PROYECTAR?

Proyectar, que procede del latín *–proiectus-* significa extensión, que es la acción y el efecto de extender o extenderse, lo que vendría a apoyar la idea del proyecto como actividad, por otra parte recogida en el verbo proyectar.

Esa actividad, la de proyectar, comprende un conjunto complejo de procesos intelectuales, operaciones transformadoras y prácticas gráficas, escritas, etc., desarrolladas en un curso temporal, que se engloban en lo que puede definirse como “proceso del proyecto”.

El proceso del proyecto consiste en una serie de reflexiones, decisiones y acciones que tienen como finalidad inmediata el ser transcritas a un sistema de representación, generalmente y en su mayor parte, gráfico. Así, durante el proceso del proyecto, se opera un tipo de acción cuyo objeto es la transformación del pensamiento abstracto en concreciones gráficas.

También durante el proyecto se ponen en relación entidades físicas materiales por medio de su representación. Una de las características del proceso del proyecto es que mediante el ejercicio de la imaginación, lo pensado adquiere un estatus de realidad. Los conceptos se traducen inmediatamente en imágenes que a su vez son representadas mediante el dibujo. En esta tesis se considera que la representación en planta es el medio que permite comprender tanto al autor como a personas ajenas su lectura y comprensión, la síntesis de ideas plasmadas en un solo documento.

Podemos entender el “proyectar” arquitectura como una serie compleja de actos y reflexiones encaminados a la consecución de una anticipación, transformación o solución denominada “proyecto”. Esa serie compleja de actos y reflexiones se materializa en un hacer, apoyado en sucesivas aproximaciones que se articulan en procesos encadenados de operaciones complejas, que mediante una continua actividad de destreza imaginaria y sintética, son capaces de plantear la anticipación de soluciones espaciales para la transformación medioambiental. La arquitectura es el arte y la técnica de la transformación medioambiental para albergar comportamientos humanos diseñados con el más alto nivel funcional, técnico y estético. El “proyecto” es una simulación de esa transformación, por medio de la articulación de diferentes disciplinas para obtener la mencionada transformación.

Así, desde el punto de vista que interesa a este trabajo, el proyecto es fundamentalmente un operador en el que las ideas y conceptos se transforman, gracias al optimizador, en un conjunto de soluciones en planta cuya finalidad es posibilitar su materialización. A través de la herramienta optimizadora será posible el complejo proceso de materialización descrito.

El proyecto arquitectónico exige la coordinación de numerosas disciplinas y está sujeto al cumplimiento de un extenso y complejo panorama normativo. El proyectista tantea una y otra vez distintas soluciones para un mismo problema, así, la dinámica del sistema de prueba y error es compleja y necesaria. El programa optimizador propuesto se propone como sustituto del proyectista, o al menos de apoyo, en su labor repetitiva de prueba y error.

El problema que debe afrontar el arquitecto hoy en día para la elaboración del proyecto arquitectónico es cada vez más complejo: debe atender a las nuevas necesidades y usos de la sociedad, a la evolución de las técnicas de construcción y la aparición de nuevos materiales, a las exigencias normativas, ecológicas, etc. La complicación del panorama normativo, la sofisticación tecnológica y los problemas del medio ambiente, han venido a convertirse en actores principales del contexto, de forma que el arquitecto, que debe integrarlos en el proceso de proyecto, tiene, por un lado que aumentar notablemente sus conocimientos y, por otro, buscar el apoyo y la colaboración de especialistas. La propuesta de creación de una herramienta optimizadora colaborará en el mejor desarrollo del quehacer del arquitecto.

I.1.2.-PROYECTO Y MÉTODO.

No es materia de esta tesis el profundizar sobre la finalidad hermenéutica o interpretativa (poética arquitectónica) de los procesos de proyecto. Considerado como objeto material, el proyecto arquitectónico es un conjunto de documentos, generalmente gráficos y escritos cuya finalidad es servir de pauta para la construcción de un producto arquitectónico. Se trata de un “documento” imprescindible que hace de puente (praxis) entre el mundo de las ideas y la realidad física.

Por regla general, los arquitectos no son especialmente partidarios de explicar las cuestiones de procedimiento que llevan a la solución del proyecto, en tanto anticipación de la obra como forma construida.

La ausencia de razones metodológicas puede deberse a diversas causas y son escasos los testimonios en los que los arquitectos expresan sus comportamientos y procedimientos en la proyectación arquitectónica. Por un lado, la complejidad del proceso de pensamiento arquitectónico dificulta su racionalización más o menos ordenada, por otra, no hay que descartar cierto temor a que dicha complejidad se vea reducida a una simplificación excesiva, en forma de reglas más o menos obvias y sencillas. La complejidad del problema arquitectónico, está caracterizada más por una multiplicidad de relaciones simples, que por la naturaleza compleja de las relaciones.

La existencia de sistemas y teorías que pretenden establecer un método objetivo y transferible defienden una postura “científica” en la respuesta arquitectónica sin emplear elementos arbitrarios ni intuitivos propios de “lo artístico-simbólico”. Estas teorías defienden el uso de distintos repertorios, unas veces analizando los patrones históricos inmanentes a la arquitectura en su dimensión espacio-temporal, otros recurren a la pura combinatoria aritmética de distintas soluciones a un mismo problema.

Se reseñan algunas reflexiones sobre procedimientos metodológicos que han realizado algunos arquitectos a lo largo de la historia:

J.N. Durand_

“Tras constatar que no es posible aprender arquitectura estudiando sucesivamente todas las clases de edificios en todas las circunstancias”, según Krufft, Durand afronta la construcción de un método que permita “hacer con facilidad, incluso con éxito, el proyecto de cualquier edificio que se nos plantee”. Dicho método consiste básicamente en el cumplimiento de tres operaciones sucesivas:

- 1. Elección adecuada de los elementos;*
- 2. Formación, mediante el ensamblaje de elementos, de las diversas partes del edificio;*
- 3. Combinación de dichas partes para producir el edificio en su conjunto.”²*

Jean Nicolas Louis Durand (1760-1834)

Se describirá su método posteriormente dada su relevancia y similitud con el problema planteado en esta tesis.

Violet Le Duc_ Programa y construcción determinan el método.

“Es una necesidad atenerse a la verdad desde el punto de vista del programa y en relación con los procedimientos de construcción”. Se apoya en Descartes cuando postula:

- 1. En primer lugar hemos de conocer la naturaleza de los materiales que hemos de emplear;*
- 2. Asignar a dichos materiales una función y fuerza relativas al objeto, de modo que las formas expresen con la mayor exactitud posible tanto esta función como esta fuerza;*
- 3. Incluir un principio de unidad y de armonía en esta expresión, esto es, la escala, un sistema de proporciones, una ornamentación acorde con el fin y con una significación, pero tener en cuenta también la variedad que señale los múltiples aspectos de las necesidades a satisfacer”³*

Violet Le Duc(1814-1879)

Alejandro de La Sota, arquitecto.

“Sin jactancia podría hablarse de métodos para conseguir hoy una arquitectura lógica (...).El procedimiento para hacer Arquitectura lógica es bueno: se plantea un problema en toda su extensión, se ordenan todos los datos que se hacen exhaustivos teniendo en cuenta todos los posibles puntos de vista existentes. Se estudian todas las posibilidades de resolver el problema

²Martí Arís, Carlos. *Las Variaciones de la Identidad. Ensayo sobre el Tipo en Arquitectura*. Ediciones del Serbal. Demarcación de Barcelona del Colegio de Arquitectos de Cataluña. Arquitectura / Teoría. Barcelona, 1993.

³Krufft, Hanno-Walter.*Historia de la Teoría de la Arquitectura 2, desde el siglo XIX hasta nuestros Días*. Alianza Editorial, S.A. Madrid, 1990.

*de todas las maneras posibles. Se estudian todas las posibilidades. Un resultado obtenido: si es serio y es verdad el camino recorrido, el resultado es Arquitectura.*⁴

Alejandro De la Sota (1913-1996)

Para el desarrollo de un optimizador que sea capaz de distribuir espacios arquitectónicos habrá que analizar el carácter instrumental del proyecto, los elementos cuantificables que entran en juego en la fase de proyectación para llegar a configurar un método. La práctica totalidad de las opiniones y teorías que se refieren al proceso del proyecto vienen a coincidir en la importancia del método analítico para aproximarse al conocimiento del problema. La fase de análisis es la misma, condicionantes de parcela, ubicación, recopilación de datos, definición del programa de necesidades y funcional, etc. Es a partir del programa de necesidades donde se desarrolla, como se analizará en profundidad, la base del sistema funcional del edificio. Este sistema se encarga, fundamentalmente, de regular las relaciones concernientes a los espacios principales o servidos y los espacios secundarios o servidores. El régimen de estas relaciones se establece de acuerdo a los tamaños y posiciones relativas entre los diversos ámbitos y a las circulaciones que deban existir entre ellos.

No se va a tratar de trasladar el proceso mental que lleva a cabo el proyectista ya que la máquina realizará otro proceso totalmente distinto.

Orden y complejidad_

La clasificación constituye la operación básica del orden. Implica, por un lado, el establecimiento de clases (sistemas y subsistemas) y, por otro, la enumeración de elementos. Nombrar y clasificar es la primera responsabilidad del proyecto, es la primera aproximación al reconocimiento del problema. El programa funcional nombra.

El concepto de *orden* está íntimamente unido, desde siempre, a la Arquitectura, hasta el punto de estar impregnados de la misma esencia. La arquitectura consistiría en el arte de ordenar, en el saber ordenar, y el proyecto arquitectónico en el resultado de ese saber.

Los tratadistas definieron como órdenes a los distintos estilos de la columna, lo que viene a indicar, por un lado, la existencia de vínculos sometidos a reglas precisas y, por otro, su confianza en el poder normativo que tales órdenes podían ejercer sobre la totalidad de la obra. La idea aristotélica del organizador se ha mantenido a lo largo de la historia, hasta la actualidad, en oposición al concepto artístico del arquitecto creador. La misión del arquitecto consiste, así, en la producción de un orden. Dice Le Corbusier:

*“La arquitectura es organización. Usted (el arquitecto) es un organizador y no un estilista de tablero de dibujo”*⁵.

⁴De la Sota, Alejandro. *Alejandro de la Sota. Arquitecto*. Ediciones Pronaos, S.A. Madrid, 1989

⁵Le Corbusier. *Mensaje a los Estudiantes de Arquitectura*. Ediciones Infinito, Buenos Aires, 1961

La complejidad es inherente al hecho arquitectónico, debiendo responder a muy diversos intereses, lo que establece cierta especificidad en el proceso de pensamiento de la arquitectura. El proyecto debe dar respuesta a una infinidad de solicitudes heterogéneas. Unas guardan relación con las expectativas de uso de la obra, otras con las expectativas o exigencias acerca de su eficacia y su seguridad materiales, y otras sobre las consecuencias que la intervención tenga en el medio físico, urbano, social,...

“Un trazado regulador es un seguro contra la arbitrariedad, es la operación de verificación que aprueba todo el trabajo creado con entusiasmo, la prueba del nueve del escolar, el “lo que queríamos demostrar” del matemático. El trazado regulador es una satisfacción de orden espiritual que conduce a la búsqueda de relaciones ingeniosas y de relaciones armoniosas. Confiere euritmia a la obra. El trazado regulador aporta esta matemática sensible que proporciona la percepción bienhechora del orden. La elección de un trazado regulador, fija la geometría fundamental de la obra, y por lo tanto, determina una de las impresiones fundamentales. La elección de un trazado regulador es uno de los momentos decisivos de la inspiración, es una de las operaciones capitales de la arquitectura.”⁶Le Corbusier (1887 – 1965)

El trabajo proyectual consiste, en gran medida, en establecer relaciones de coherencia dentro de un propio sistema, establecer un orden a la complejidad. Pero aún más: en establecer la coherencia entre los diversos sistemas del proyecto.

De este modo, se puede hablar de coherencias de primer orden (internas a un sistema):

Coherencia funcional.

Coherencia formal.

Coherencia dimensional.

Coherencia constructiva.

Y de coherencias de segundo orden (entre sistemas diferentes):

Coherencia contexto – función.

Coherencia contexto – forma.

Coherencia contexto – dimensión.

Coherencia contexto – construcción.

Coherencia función – forma.

⁶Le Corbusier y Josefina Martínez Alinari, *Hacia una arquitectura*. Ed. Poseidón. Barcelona, 1978.

Coherencia función – dimensión.

Coherencia función – construcción.

Coherencia forma – dimensión.

Coherencia forma – construcción.

Coherencia dimensión - construcción.

I.1.3.-EMPLEO DE LA GEOMETRÍA Y DEL MÓDULO.

La Arquitectura conduce y constituye un sistema de sistemas. La geometría para la arquitectura no tiene solo un valor instrumental. La geometría constituye la esencia misma del objeto arquitectónico, establece el orden general del proyecto que dará lugar a la organización estructural, funcional y constructiva. Empezar por el análisis de las relaciones geométricas que imponen las condiciones del lugar y de las que son apropiadas al proyecto es ineludible. *“La geometría –decía Le Corbusier- es un antídoto contra la arbitrariedad vulgar”*

En buena parte de los casos resultará aconsejable, por muchos motivos, el empleo de un módulo, es decir de una medida básica propia del proyecto que permita, mediante su multiplicación, establecer sistemáticas complejas a partir de la sencillez del elemento. Dicho módulo, obviamente no tiene por qué seguir la rutina del cuadrado confortable.

Un ejemplo paradigmático en la historia de la arquitectura moderna es el sistema de medidas propuesto por Le Corbusier en 1948 llamado *El Modulor* que se une a unos tratadistas como Vitruvio, Da Vinci y Leon Battista Alberti en la búsqueda de una relación matemática entre las medidas del hombre y la naturaleza. Se trata de un sistema de medidas del cuerpo humano (antropométrico) en que cada magnitud se relaciona con la anterior por el número áureo, con la finalidad de que sirviese como ‘módulo base’ en todas partes de la arquitectura. Como describe el autor:

*“Las necesidades del lenguaje reclamaban un nombre para designar la regla de oro, y entre varios vocablos, fue elegido el de MODULOR, al mismo tiempo que quedaba registrada la “marca de fábrica” con el dibujo y la explicación del invento: el Modulor es un aparato de medida fundado en la estatura humana y en la Matemática. Un hombre-con-el-brazo-levantado da a los puntos determinantes de la ocupación del espacio- el pie, el plexo solar, la cabeza, la punta de los dedos levantados el brazo- tres intervalos que definen una serie de secciones áureas de Fibonacci; y, por otra parte, la Matemática ofrece la variación más sencilla y más fuerte de un valor: lo simple, lo doble y las dos secciones áureas. Las combinaciones que resultan del empleo del Modulor se comprueba que son ilimitadas.”*⁷ *El Modulor*. Le Corbusier

⁷Extracto de: Le Corbusier. *El Modulor: ensayo sobre una medida armónica a la escala humana aplicable universalmente a la arquitectura y a la mecánica*. Ed. Poseidon. Barcelona, 1979. P. 51-52.

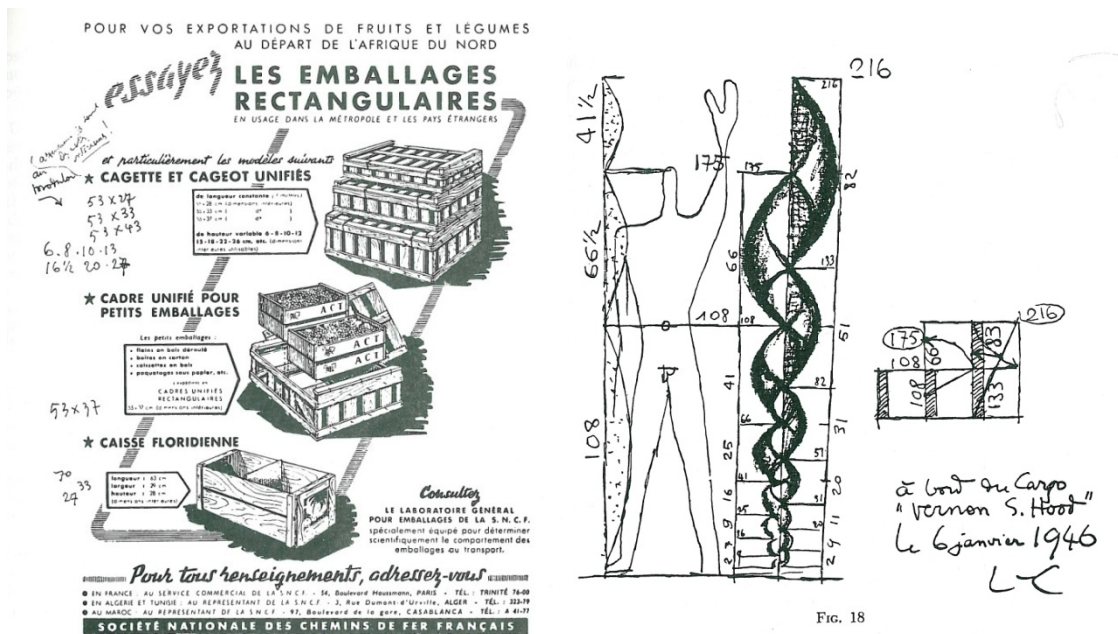


Fig. I.1.1. Imágenes de *El Modulor 2*, Le Corbusier 1953.

I.1.4.-REVISIÓN HISTÓRICA DEL USO DE LOS PATRONES ESPACIALES.

Los patrones espaciales han sido aplicados en diferentes momentos de la historia; y su origen se remonta a la época griega y romana. El arquitecto romano Vitrubio recogió la experiencia griega en su obra *Los diez libros de arquitectura*⁸ y nutrió la cultura de su tiempo. Vitrubio provee de consejos prácticos de cómo construir adecuadamente tanto la ciudad como las obras de ingeniería y arquitectura, incluyendo descripciones del uso correcto de los órdenes arquitectónicos. Los patrones urbanos establecidos por Vitrubio sirvieron al imperio romano para estandarizar el planeamiento y la construcción de campos militares y pueblos a todo lo largo del imperio.

Posteriormente durante el Renacimiento, en el siglo XV, el trabajo de Vitrubio fue rescatado y fue la base del pensamiento de todos los tratadistas de la época. León Batista Alberti con base en las enseñanzas de Vitrubio escribió en 1450 el tratado denominado *De re aedificatoria*⁹. En

⁸Vitruvio. *Los Diez Libros de Arquitectura*. Editorial Iberia S.A. Col. Obras Maestras. Barcelona, 1970

⁹*De re aedificatoria*: Se trata de una obra dirigida no a especialistas, sino al gran público con formación humanística, tomando como modelo los diez libros de arquitectura de Vitrubio. La obra también está dividida en diez libros. En los tres primeros, trata de la elección del terreno, de los materiales que deben utilizarse y de los cimientos (lo que Vitrubio llama firmitas). Los libros IV y V se centran en diversos tipos de edificios (utilitas). El libro VI, sobre la

este documento define a la arquitectura como la fusión entre la ciencia y el urbanismo. Además, expande las teorías sobre la armonía, la relación que cada elemento guarda con el todo y con las otras partes; aplicando los principios de armonía a las fachadas de los edificios, Alberti transformó la naturaleza del espacio urbano.

A partir del siglo XVIII y durante el XIX se desarrollaron obras teóricas sobre arquitectura que usaban tablas comparativas como base para una posible sistematización de la arquitectura. Así, el arquitecto J.N.L. Durand (1760-1834) propone la comparación y la clasificación como herramientas para conocer la arquitectura. Trata de establecer una metodología universal de la edificación y basa sus enseñanzas en la economía, la funcionalidad y la racionalidad. Escribe "*Précis des leçons d'architecture données à l'école polytechnique*" (1802), donde expone un completo método para proyectar y otro método para analizar un edificio.

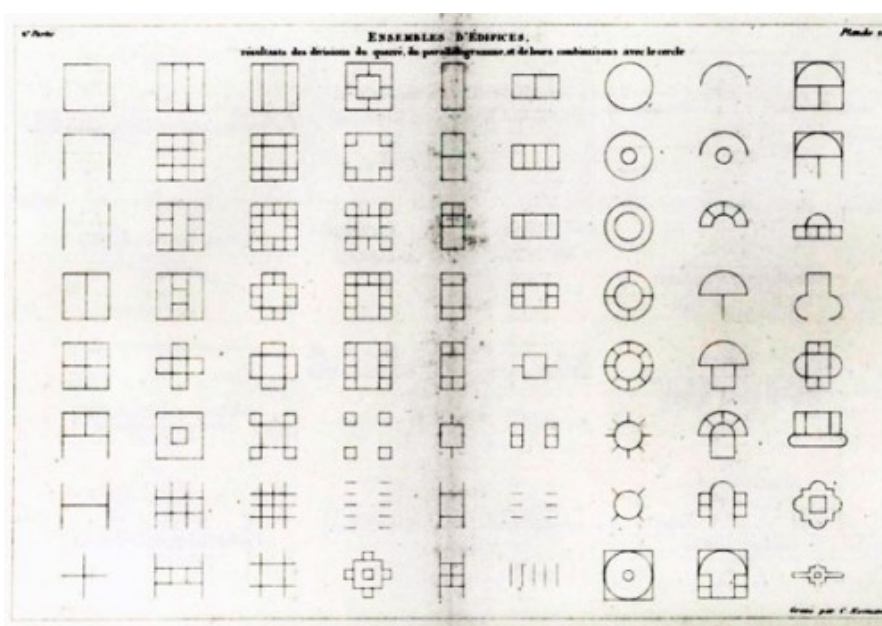


Fig. I.1.2. Imagen tipologías de J.N.L. Durand | La Ciudad Viva

El sistema de diseño propuesto por Durand parte de la disposición de partes y piezas de los edificios, especialmente los órdenes arquitectónicos rigurosamente presentados. Los tipos de edificios son diagramados en simples líneas de dibujos, con símbolos para representar varios elementos, tales como arcadas, arcos, frontones, etc. Las partes y piezas son entonces unidas formando diferentes combinaciones que permitirán integrar conjuntos. Con esta metodología nació el primer ensamblaje urbano.

belleza arquitectónica (venustas); en éste habla de la belleza como una armonía que se puede expresar matemáticamente gracias a la ciencia de las proporciones. Este libro incluye, además un tratado acerca de la construcción de máquinas. Los libros VII, VIII y IX tratan de la construcción: respectivamente iglesias, edificios públicos y edificios privados. El libro X trata de restauración. En el tratado parte siempre del estudio de la antigüedad, un estudio basado sobre medidas de los monumentos antiguos, para proponer nuevos tipos de edificios modernos, y también edificios nuevos por la diferencia cronológica, pero inspirados en la manera antigua, entre los que se incluían las prisiones, que trata de hacer más humanas, los hospitales y otros lugares de utilidad pública.

En el siglo XX, Erns Neufert (1900-1986) propone clasificaciones de gran interés utilitario, tratando de normalizar la arquitectura en su libro *El Arte de Proyectar en Arquitectura*, publicado en 1936.

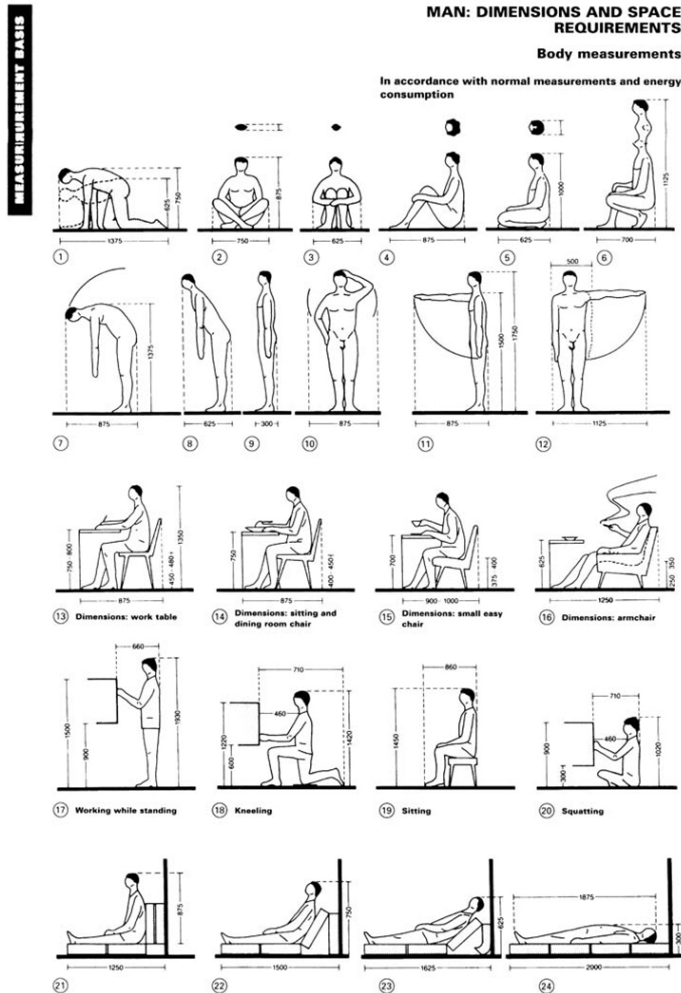


Fig. I.1.3. Erns Neufert, el hombre, dimensiones y espacios necesarios. (En *Neufert: El arte de proyectar en Arquitectura*)

Ya en el siglo XX, se propone analizar algunos de los métodos y teorías planteadas por autores clave en este siglo que se han aproximado al problema de la sistematización, ya sea a través de conceptos o desde la propia metodología.

- **Christopher Alexander (1936):**

Desarrolla su método o procedimiento de diseño durante los años 60-70. Considera que la forma depende directamente del contexto. En cierto modo, piensa que el medio posee todas las condiciones que determinan la forma. Por este motivo considera que el problema principal del diseño es la definición rigurosa de las características y predeterminaciones del contexto. A

tal definición se llega por procedimientos analíticos, es decir, mediante la descomposición de todos los requerimientos, formando esquemas ramificados.

Para esta ingente labor se precisa la ayuda de equipos informáticos capaces de procesar la información. Una vez reconocidas las tensiones, la construcción de la forma se realiza mediante la síntesis de las mismas. A través de los *patterns* o patrones se constituyen hipótesis de definición de problemas comunes o recurrentes del entorno, e hipótesis de soluciones tipo, que se muestran eficaces. Se trata de soluciones utilizables en casos concretos, aunque esta utilización nunca se producirá de la misma manera. Puede decirse que su finalidad es garantizar la eficacia del diseño a partir del empleo de soluciones probadas y, al tiempo, agilizar el trabajo del diseñador, que encontraría en los patrones unos instrumentos de enorme utilidad para la limitación del campo infinito. El empleo del lenguaje de patrones ha tenido y tiene aplicación en otras áreas del diseño. Los estudios de Alexander tienen la vocación de su aplicabilidad directa, es decir, tienen en cierto modo un carácter más operativo que teórico.

- **Ludovico Quaroni (1911-1987):**

Sus tesis principales desarrolladas en *Proyectar un Edificio. Ocho Lecciones de Arquitectura* publicadas en 1977, de forma resumida, son:

- Proceder de lo general a lo particular.
- Análisis exhaustivo del programa y del contexto, incluyendo aspectos vivenciales.
- Elaboración de hipótesis alternativas
- Formalización de las primeras pruebas (dibujadas en pequeño).
- Separación, selección y clasificación de las hipótesis.
- Verificación, primeros dibujos a escala.
- Reflexión, reconsideración y, en su caso, vuelta a empezar.
- Para simplificar y descargar este tortuoso proceso propone recurrir a la “inducción” mediante un “depósito de ideas” que el arquitecto habría ido llenando a lo largo del tiempo. La constitución de este depósito es ciertamente asistemática y estaría integrado por imágenes, recuerdos, “residuos de las propias experiencias proyectuales”, etc. Que actuarían a modo de sugerencias (como “pattern” sobrevenidos). Por último propone, como alternativa a lo anterior, la adaptación y mejora del “tipo” por medio de pequeños cambios, como método tradicional de proyectación.

En síntesis:

- a) Formulación de un modelo “ideológico”
- b) Formulación de un modelo- tipo.

c) Formulación del esquema proyectual.

- Considera el proceso proyectual como una “sucesión de operaciones racionales e irracionales” aunque reconoce que nunca podrá darse una condición de “completa irracionalidad”.

- También lo considera como una “sucesión alternativa y reiterada de proposiciones y comprobaciones entre las distintas componentes a diversas escalas”¹⁰

I.1.5.- ALEXANDER KLEIN Y CHRISTOPHER ALEXANDER. TEORÍAS DEL USO DE PATRONES.

Escogemos a Alexander Klein y a Christopher Alexander como aquellos autores que han desarrollado con mayor profundidad un método de sistematización y parametrización de la arquitectura.

I.1.5.1.- Alexander Klein: parametrización del espacio habitable.

El arquitecto ruso Alexander Klein (1897-1961) desarrolla durante una década lo que él mismo denomina como “estudio racional del espacio habitable”.¹¹ Sus conclusiones son expuestas en París con motivo del Congreso Internacional de las Viviendas y Planes regulatorios en 1928.

El objetivo de Klein era establecer una estrategia para la investigación de tipos racionales de alojamiento colectivo que derive en la determinación objetiva de la calidad de la vivienda mínima a partir de parámetros como la longitud de fachada, el fondo edificatorio o las condiciones de ventilación y soleamiento. Se basa en una metodología que parte de una serie de sistemas gráficos cuyo fin es obtener elementos de medida y valores límite a través de un método gráfico de valorización. La forma surge así como resultado de una optimización tipológica que es consecuencia de la categorización previa de una serie de parámetros.

La característica del método de diseño de Klein fue que consideraba todas las exigencias para optimizar la solución integral al problema complejo. El aspiraba a desarrollar tipologías habitacionales, tal como afirmaba, “de rendimiento máximo”, pues con un mínimo de gasto se debía obtener el máximo beneficio.

El arquitecto Fernando Nieto analiza en profundidad la sistematización tipológica propuesto por Klein al que denomina *forma Klein*¹². Configura tablas que ilustran el artículo extraídos de las tablas de datos de Klein, de este modo: En la tabla se muestran las dimensiones más favorables según Klein para determinados tipos de planta a partir de una posición de la escalera (a Este), con variaciones en profundidad de columnas de 0,50 m. (de 7,50 a 10,50 m.) e incrementos sucesivos en la superficie útil de 3,10 m² en base a modificaciones en ancho de

¹⁰Quaroni, Ludovico: ‘Proyectar un Edificio. Ocho Lecciones de Arquitectura’. Ediciones Xarait.Madrid, 1980

¹¹Klein, Alexander. *Vivienda mínima: 1906-1957*. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 1980, p. 32.

¹²Nieto Fernández, Fernando. *El Sistema como lugar. Tres estrategias de colectivización del espacio doméstico...*, Proyecto, Progreso y Arquitectura, Nov. 2013. Universidad de Sevilla.

fachada. Las plantas más eficaces están situadas en la diagonal de la tabla, aumentando su superficie hacia la derecha y abajo.

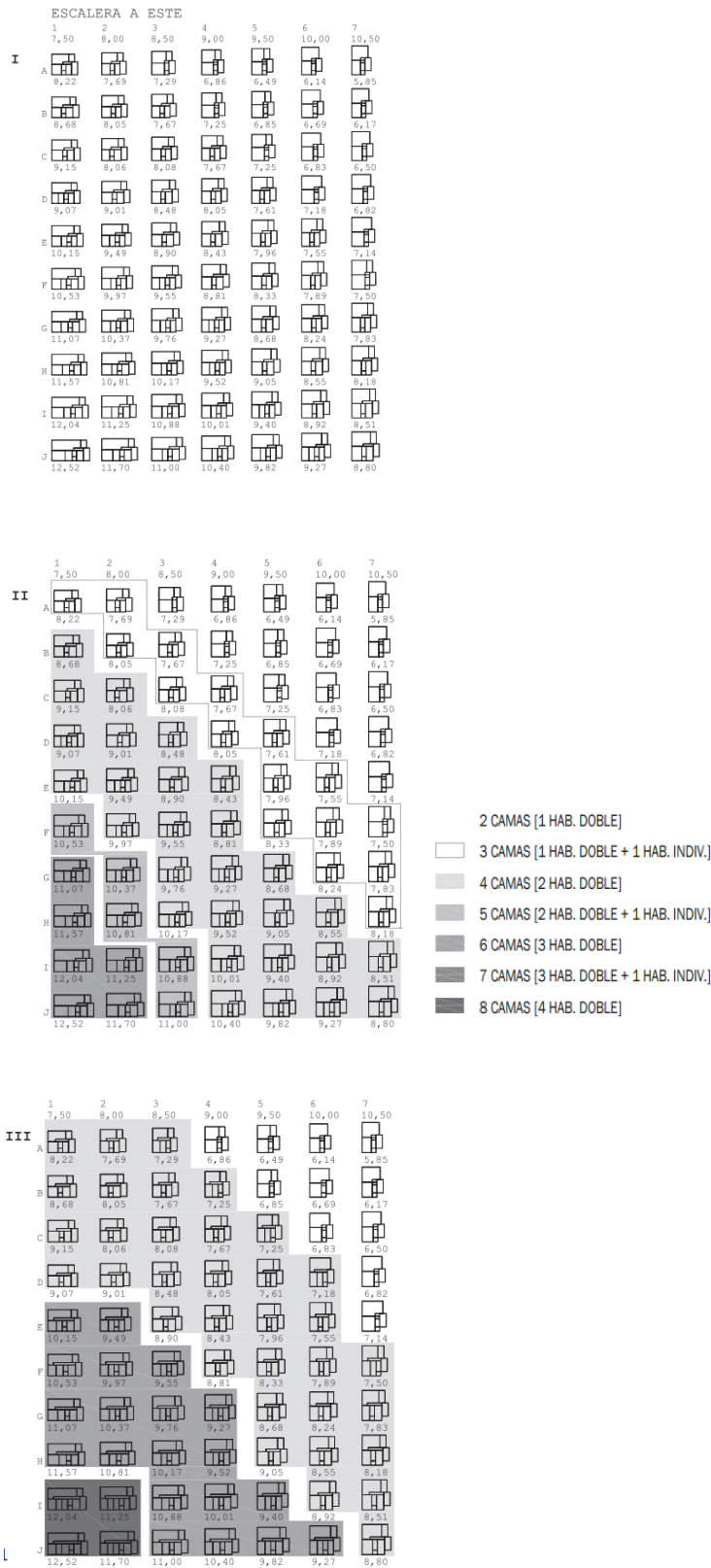


Fig. I.1.4. Ejemplo tabla sistematización propuesto por Klein.

Las conclusiones obtenidas de las tablas desarrolladas por Klein y sus valores numéricos asociados tiene validez principalmente desde lo comparativo. Resuelven un determinado programa de distribución, mediante una sistematización de proyecto derivado de una estricta optimización dimensional.

I.1.5.2.- Christopher Alexander: Lenguaje de patrones.

“El primer paso en el proceso del diseño implica, por tanto, una enunciación explícita de las fuerzas que intervienen en dicho proceso y el esquema de presiones que la forma debe reflejar. La tarea del diseñador consiste en crear orden: organizar un material conflictivo y construir una forma”¹³

Christopher Alexander y Serge Chermadeff.

Christopher Alexander (1936), arquitecto y matemático de origen austriaco, establecido en Estados Unidos desde los años sesenta, coordinó un equipo de investigación que desarrolló el método de los *patrones* o *patterns*, en el Center for Environmental Structure, en Berkeley, California. Los tres libros que exponen la propuesta de Alexander son *El modo intemporal de construir* (1979), *Un lenguaje de patrones* (1977) y *Urbanismo y participación: el caso de la Universidad de Oregon* (1975).

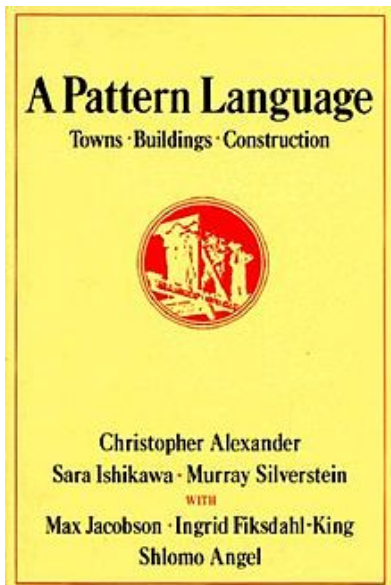


Fig. I.1.5. Christopher Alexander, Sara Ishikawa, Murray Silverstein: *A pattern Language*. Ed. Oxford University Press. 1977. Edición española:

¹³Serge Chermayeff y Christopher Alexander. *Comunidad y privacidad: hacia una nueva arquitectura humanista*. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires, 1977.

Christopher Alexander y Serge Chermadeff (1900-1996) publican *Comunidad y privacidad* en 1968 donde plantean que el equilibrio entre la condición individual y social es la que determina una estructura organizativa. Ambas esferas deben ser establecidas mediante una secuencia de gradación en niveles de colectividad. Esta diferenciación se traduce en una jerarquización espacial que va desde lo más público a lo privado en distintos gradientes: urbano-público, urbano-semipúblico, grupal-público, grupal-privado, familiar-privado e individual-privado.

Esta jerarquía de niveles se traduce en siete componentes principales (del A al G) a partir de una investigación de parámetros con prioridad de dominios, reflejada en diagramas explicativos de algunos de los componentes, los cuales apuntan a una cualificación espacial específica. A continuación se presentan los diagramas de Chermayeff y Alexander.

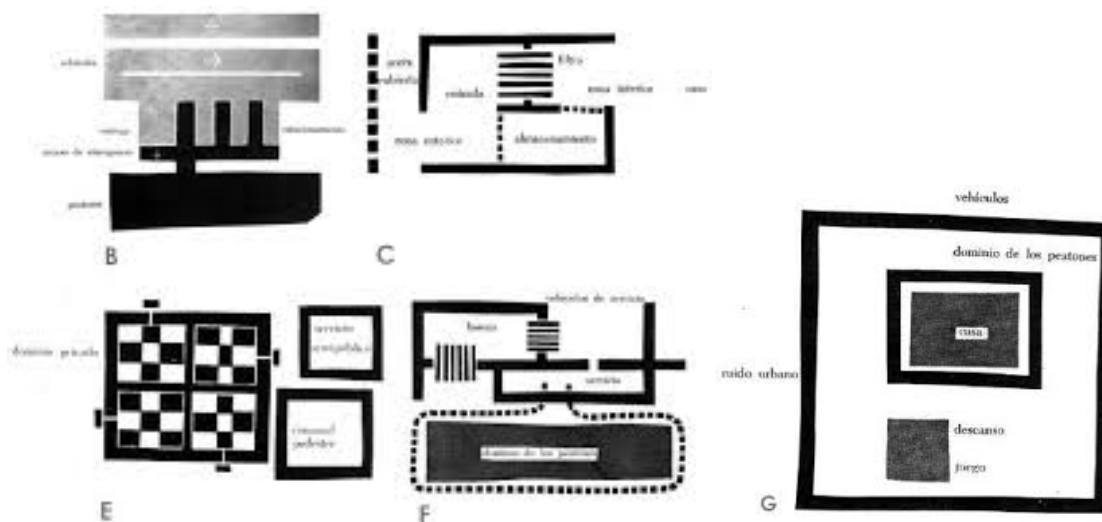


Fig. I.1.6. Diagrama de componentes.

En *El modo intemporal de construir* describe qué significa para él un *lenguaje de patrón* y cómo se aplica al diseño de edificios y ciudades. Christopher Alexander acuñó el término *lenguaje de patrón* para referirse a los problemas normales del diseño arquitectónico y civil. Su uso iba desde la forma de estructurar una ciudad a cómo debían disponerse las ventanas en una habitación. La idea se popularizó gracias a su libro *Un lenguaje de patrones*, donde se desarrolla de manera ilustrada a través de 253 patrones unitarios. Es una teoría completa donde desarrolla con voluntad sistematizadora, un mapa de conceptos que funciona a modo de estructura base para la resolución de problemas.

Alexander es la cabeza visible del movimiento para unos nuevos métodos de proyecto que en la década de 1970, al consolidarse la crisis del proyecto de la arquitectura moderna, planteó nuevas alternativas metodológicas. Apoyadas en la cibernética y las nuevas tecnologías de la construcción, estas potenciaban una arquitectura más versátil, relacional, moldeable, participativa y capaz de adaptarse al contexto.

Con el soporte de los instrumentos aportados por la inteligencia artificial de las primeras generaciones de ordenadores, Alexander buscaba unos nuevos métodos de diseño cuyo objetivo era recuperar el saber de los métodos no autoconscientes o primitivos capaces de adaptarse de una manera natural al entorno construido.

Alexander fue de los primeros en establecer conceptos básicos como “diseño compartido” o consideraciones como que lo importante no son los objetos, sino las relaciones entre los objetos. Dentro de la teoría de los sistemas, Alexander trabajó en diagramas de anotación capaces de pasar de una actividad artística a otra, para interpretar, sintetizar y trasladar hechos de la realidad hacia el proyecto. Su teoría culminó en el *sistema de patrones*, un sumatorio de fragmentos idóneos con los que se pretende recuperar la unidad y la coherencia perdida entre los objetos y los contextos.

La propuesta de C. Alexander, cuya pretensión es la de describir una actitud totalmente nueva con respecto a la arquitectura y el urbanismo tiene como sustento dos ejes fundamentales: el primero es la consecución de una cualidad a la que él llama la “cualidad sin nombre”, y el segundo es “el modo intemporal” de construir. El concepto de patrón en Alexander está basado en la búsqueda de los invariantes o arquetipos que, a partir de un problema específico, den como resultado una diversidad de soluciones a distintas escalas: la ciudad, el soporte y la célula.

¿Qué es un patrón?

Los *patrones* de Alexander son el resultado final de sus investigaciones y partieron de la voluntad de crear un sistema que tuviera en cuenta la experiencia; es decir, las preferencias psicológicas y perceptivas de las personas. Se basaba, por tanto, en el sentido común, los espacios vernáculos, la idoneidad de ciertos fenómenos espaciales; en definitiva, la búsqueda de un modo intemporal de construir que se reconstruye a partir de la suma de dichos *patrones*, fragmentos territoriales, espaciales y técnicos idóneos.

Los lenguajes de patrones nos ayudan a lidiar con la complejidad de una amplia variedad de sistemas que van desde software hasta edificios y ciudades. Cada “patrón” representa una regla para una pieza de un sistema complejo y la aplicación de los lenguajes de patrones puede hacerse sistemáticamente. En *Un Lenguaje de Patrones*, se proponen 253 soluciones o *patrones* de diseño que recurren en la arquitectura, tales como la necesidad de PEQUEÑOS LOTES DE ESTACIONAMIENTO (#103), o un BALCÓN DE SEIS PIES , la profundidad mínima para que éste sea útil, (#167)¹⁴. Cada patrón viene respaldado por un dato estadístico, cultural o científico, y se le dota de alguna prescripción en términos prácticos para su incorporación al diseño real.

He aquí un ejemplo: Patrón: Pequeños lotes de estacionamiento (#103)

Descripción del patrón: “...el tejido social es amenazado por la sola existencia de los automóviles si las áreas para autos estacionados ocupa más del 9 ó 10% del territorio dentro de una comunidad... los lotes pequeños de estacionamiento son mejores para el entorno que

¹⁴Christopher Alexander, Sara Ishikawa, Murray Silverstein et al, *Un lenguaje de patrones*, Gustavo Gili, Barcelona, 1980.

los grandes, aunque sus áreas totales sean las mismas. ...Los grandes lotes de estacionamiento, hechos para los autos, tienen todas propiedades que no están hechas para la gente."

Recomendación práctica: *"Hacer lotes de estacionamiento pequeños, para no más de 5 a 7 autos, cada lote rodeado de muros ajardinados, arbustos, cercas, declives y árboles, para que desde afuera, los autos sean casi invisibles. ..."*

Características de los patrones: Basados en condiciones específicas de generación de relaciones de uso, forma o jerarquía. Se obtiene una tabla de relaciones entre patrones a partir del cruce de componentes (de A al G), parámetros tratados, espacios generados, patrones (con nombre y número asignado en el sistema de Alexander), condición de invariabilidad (**)=invariante total, (*)=parcial, (-) variable y sistema global en el que se enmarca cada patrón (ciudad, edificio, construcción), de la siguiente manera - Fig. 3:

- Componente A= gradación en los accesos al espacio doméstico mediante aspectos relacionados con protección o vigilancia en las circulaciones. Da lugar a un espacio de observación o vigía.

- Componente B= se define mediante las condiciones de aproximación entre las infraestructuras y el límite del espacio doméstico, mediante bandas de tránsito de vehículos y peatones y sus relaciones de coexistencia.

- Componente C=filtros de acceso a espacio habitable y sus mecanismos de control de privacidad: exterior descubierto, ext. Cubierto, entrada, elemento filtro, interior público, interior privado.

- Componente D= protección física, que aborda los filtros, espacio barrera.

- Componente E= se centra en la relación entre dominio grupal-privado y el estrictamente privado, definiendo las condiciones básicas para la generación de un espacio comunitario de control servicios públicos, contaminación acústica, etc.

- Componente F= señala las conexiones entre dominios semiprivados y públicos mediante bandas de servicio que funciona como elementos amortiguadores, espacio 'colchón'.

- Componente G= se define mediante espacios concéntricos sucesivos que generan condiciones de separación y protección. Se trata de un espacio dentro de otro espacio, conservando cualidades individuales desde la pertenencia a un ámbito mayor.

La suma de los siete componentes da lugar a un diagrama compuesto que tiene características de todos ellos. (Fig. 1)

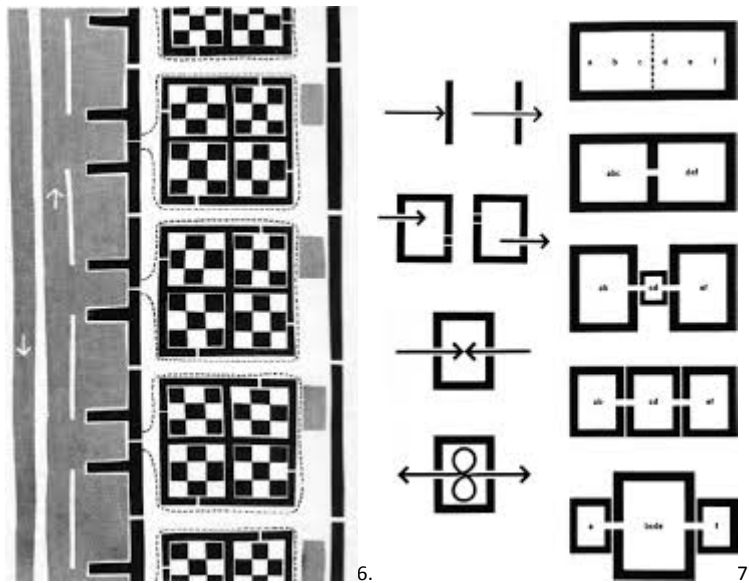


Fig. 1.1.7. Suma de componentes

Fig. 1.1.8. Diagrama barrera-esclusa: base conceptual de zonas intermedias entre lo comunitario y lo estrictamente privado.

Componente	Parámetro	Espacio	Patrón	Nº	Invariante	Sistema
A-G	esclusa	negociado	grado: privacidad	36	**	ciudad
A	control	vigía	lugar ventana	180	**	edificio
			muro semiabierto	193	*	edificio
			luz filtrada	238	*	Constr.
B	aproximación	solape	limite de subculturas	13	*	ciudad
			terrenos comunes	67	**	ciudad
C	filtro	intermedio	transición entrada	112	**	edificio
			jerarquía espacios abiertos	114	*	edificio
			gradiente de intimidad	127	**	edificio
			armario entre habitaciones	190	*	edificio
D	protección	barrera	canto edificio	160	**	edificio
			alcoba	188	**	edificio
			muros gruesos	197	**	edificio
			asientos empotrados	202	*	edificio
			cuevas para niños	203	-	edificio
			engrosamiento muros ext.	211	*	Constr.
			mochetas profundas	223	-	Constr.
E	relación	comunitario	limite de vecindades	15	*	ciudad
			familia	75	*	ciudad
			gabinetes	179	**	edificio
F	amortiguación	colchón	edificios conectados	108	*	edificio
			soportales	119	**	edificio
			anillo galerías	166	*	edificio
G	sucesión	matrioska	secuencia espacios-estar	142	*	edificio

Fig. 1.1.9. Tabla de relación entre patrones y diagrama compuesto de Alexander. Elaboración propia.

Se pueden combinar los patrones de diseño en un número infinito de formas. Cada patrón representa una regla que rige a una de las piezas de un sistema complejo. Un lenguaje de patrones permite combinaciones entre patrones en escalas pequeñas para respaldar a los patrones en las escalas más grandes.

Los patrones de acontecimientos y de espacios.

La *calidad sin nombre* se manifiesta a través del carácter de los edificios y las ciudades, y este carácter se deriva de una serie de acontecimientos que suceden de manera regular en lugares específicos. Estos son los patrones. Alexander define dos tipos de patrones interrelacionados: los *patrones de acontecimientos* y los *patrones de espacios*. Los primeros, según el autor, no se limitan a las actividades humanas sino que incluyen aquellos acontecimientos de la naturaleza que ejercen una influencia física sobre nosotros, como la posición del sol, el correr de un río o la sombra de un árbol, que pueden ser considerados como acontecimientos recurrentes, susceptibles de caracterizar a un patrón. Los *patrones de acontecimientos* son los que dan razón de ser a un edificio o a una ciudad. La cantidad de estos patrones, según Alexander, generalmente es menor de lo que nos imaginamos, es decir, nuestra vida está gobernada por una pequeña serie de actividades rutinarias, que cotidianamente se repiten. Los *patrones de acontecimientos* varían de persona a persona, de cultura a cultura, de tal suerte que cada barrio se caracteriza por los patrones que manifiesta su cultura predominante

El lenguaje de patrones.

El lenguaje es la estructura a través de la cual los patrones se relacionan entre sí, como partes dentro de un todo. Para Alexander, el modo intemporal de construir no es algo que pueda planificarse en su totalidad, sino que implica la existencia sucesiva y simultánea de múltiples pequeñas intervenciones. De igual manera, la *calidad sin nombre* no puede inventarse y aplicarse a un lugar, sino que deviene del proceso constante de construcción del entorno. El lenguaje, entonces, es el que proporciona coherencia a los actos individuales, haciendo las veces de un código genético que guía el desarrollo de las partes en concordancia con el todo. En el texto, Alexander explica que, desde el punto de vista matemático, el tipo más simple de lenguaje es un sistema con dos conjuntos: uno que agrupa elementos o símbolos y otro que especifica las reglas de combinación de dichos elementos. Así, un lenguaje de patrones define el conjunto de disposiciones de espacios que tienen sentido en una cultura dada y transmite las reglas de combinaciones posibles, al tiempo que enseña a construir combinaciones que satisfagan las reglas.

Alexander define al lenguaje de patrones como “un sistema finito de reglas que una persona puede emplear para generar una infinita variedad de edificios diferentes”

Cabe señalar que el autor enfatiza el hecho de que todas las personas tienen su propio lenguaje de patrones, que deviene de un conocimiento acumulado sobre el modo de construir el entorno. La complejidad de este lenguaje es la que marca los límites a la capacidad de imaginar (o diseñar) un edificio. En una ciudad con un lenguaje vivo, dice Alexander, el lenguaje de patrones es ampliamente compartido, de tal suerte que todos pueden usarlo. Esta

manera de construir el entorno implica una relación directa entre los usuarios y el acto de construir.

El método.

Los patrones, por definición, tienen que ser comunicables. En tanto estructuras, deben ser imágenes sencillas de algo, que permitan captar ese algo como totalidad, y deben estar formadas con la menor cantidad posible de elementos. Alexander pone como ejemplo de un proyecto sencillo la solución de un jardín. Para ello, de acuerdo con la situación específica de un terreno, se seleccionan los patrones JARDÍN SEMIOCULTO, LADERA ENTERRAZA, FRUTALES, LUGAR ÁRBOL, JARDINES ESPONTÁNEOS, TRANSICIÓN EN LA ENTRADA, PATIOS CON VIDA, JARDÍN EN LA AZOTEA, EL BORDE DEL EDIFICIO, LUGAR SOLEADO, HABITACIÓN EXTERIOR, BALCONES DE 1,80 metros, CONEXIONES CON LA TIERRA, INVERNADERO, BANCO DE JARDÍN.

En este esquema, el primer patrón (jardín semioculto) necesita a todos los patrones que le siguen en la secuencia para tener sentido. Cada operación sucesiva, la solución de un patrón específico, supone un ajuste de los pasos previos, de tal suerte que con la adición de nueva información, la estructura se ajusta y se complementa. De igual manera, aunque la secuencia de patrones escogida abarca solo al jardín, éste formará parte de un espacio mayor, ya sea una casa, una escuela o un barrio, de tal suerte que cada pequeño ejercicio de construcción específico en este caso un jardín se inserta en un gran proceso que es la construcción colectiva del entorno. Vemos entonces que el lenguaje no sólo se trata de una lista de patrones, sino que abarca las relaciones necesarias para que los patrones formen un todo articulado. De esta manera, el lenguaje hace las veces de un código genético que guía tanto las distintas fases de solución de un proyecto específico, como la suma de las acciones individuales que dan pie a un entorno construido colectivamente. A diferencia del diseño tradicional, donde la forma es preconcebida, al aplicar un lenguaje de patrones a la forma final es el resultado de una secuencia de decisiones que van del todo a las partes y de las partes al todo

Conclusión

A modo conclusión, en el presente capítulo se han esbozado algunos procedimientos metodológicos sobre el trabajo proyectual y su materialización en teorías basadas en el lenguaje de patrones. En el artículo *‘La estructura de los Lenguajes de Patrones’* publicado en 2008 por Nikos Salingaros, se establece que los patrones proveen una base necesaria para cualquier solución de diseño que esté conectada con los seres humanos. Afirma que contradecirlos desconecta a la gente de la forma construida. Desde la posición secundaria al margen que han ocupado durante décadas, el autor defiende su relevancia actual en la arquitectura. Afirma que los lenguajes de patrones se muestran como la “raíz principal” de toda la arquitectura, desde los cuáles el diseño basa su existencia en virtud de la satisfacción de las necesidades humanas, aún mostrando su desacuerdo con la definición de algunos de los patrones de Alexander.

Desafortunadamente, afirma el autor *“la arquitectura como disciplina aún no tiene la intención de validar un patrón arquitectónico, por lo tanto no existe el mecanismo básico para la*

formación de un patrón. Los arquitectos que no están familiarizados con el método científico, no pueden distinguir a un método o procedimiento de diseño que le de buenos resultados de uno que falle; el proceso de validación que se debe seguir para proponer cualquier solución, no forma parte de la educación arquitectónica. Las razones por las cuáles algunos edificios no funcionan, en el sentido de ser desagradables y difíciles de usar, nunca se examinan seriamente. Consecuentemente, los errores de diseño tienden a repetirse indefinidamente. Un cambio filosófico radical presenta un serio impedimento para el uso de patrones arquitectónicos”¹⁵

¹⁵Salingaros, Nikos *La estructura de los Lenguajes de Patrones*. Cuadernos de Arquitectura y Nuevo Urbanismo (5) 35-49. 2008. Nikos Salingaros es ampliamente conocido por sus trabajos sobre teoría urbana, teoría arquitectónica, teoría de la complejidad y filosofía de diseño. Desde 1982 es estrecho colaborador de Christopher Alexander, con quien comparte un duro análisis crítico de la arquitectura moderna convencional. Junto con Alexander, es uno de los editores de *La Naturaleza del Orden*, compuesto por cuatro volúmenes que versan sobre la estética geométrica en los procesos de la naturaleza. Entre sus principales obras se encuentran: *Anti-Arquitectura y deconstrucción* (2004; 2ª edición, 2007); *Principios de la estructura urbana* (2005); *Una Teoría de la Arquitectura* (2006); *El futuro de las ciudades* (2007).

I.2. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ARQUITECTURA. ESTADO DEL ARTE.

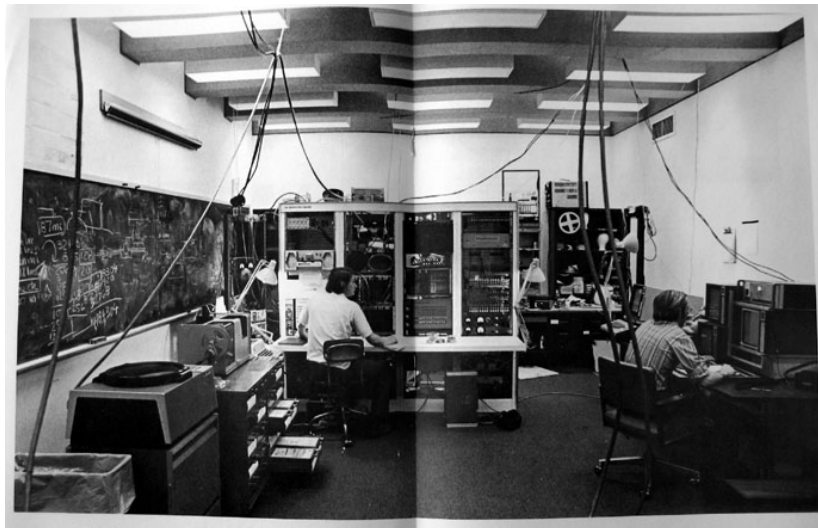


Fig. I.2.1. Imagen de la computadora e interfaz de *The Architecture Machine*. Negroponte. 1967. ¹⁶

¹⁶ Fuente: www.radical-pedagogies. Artículo de Wright Steenson, M.

En ciencias de la computación se denomina inteligencia artificial a la capacidad de razonar de un agente no vivo. John McCarthy acuñó la expresión “inteligencia artificial” en 1956, y la definió así: “Es la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cómputo inteligentes. Está relacionada con la tarea similar de utilizar ordenadores para comprender la inteligencia humana, pero la IA no se limita a métodos que sean observables biológicamente”¹⁷.

Podría resumirse las características de la inteligencia artificial como:

- Búsqueda del estado requerido en el conjunto de los estados producidos por las acciones posibles.
- Algoritmos genéticos (análogo al proceso de evolución de las cadenas de ADN).
- Redes neuronales artificiales (análogo al funcionamiento físico del cerebro de animales y humanos).
- Razonamiento mediante una lógica formal análogo al pensamiento abstracto humano.

Los primeros trabajos más significativos desarrollados en el campo de la IA estaban planteados para resolver cualquier tipo de problema enunciado de un modo “no ambiguo”. Se llega a la conclusión de que se requiere algún medio para “dirigir la búsqueda”, siendo esta heurística, es decir, basada en un cierto “arte” o en una cierta “preceptiva”; no pudiendo basarse en algoritmos exactos sino en principios genéricos cuya pertenecía para el caso no se puede conocer de antemano. Esto quiere decir que el programa debe estar provisto de mecanismos potentes de búsqueda pero también de una serie de principios que le ayuden a seguir una estrategia. Es necesario especificar cuál es la meta para saber si se aleja o aproxima a ella.

El informático y arquitecto estadounidense Negroponte (1943) publica en 1970 su obra *The Architecture Machine* donde investiga las posibilidades de la computación en arquitectura a través de su grupo de investigación en la escuela de arquitectura del MIT (Massachusetts Institute of Technology), considerado una obra pionera en el campo de estudio de la relación humano-máquina. Muchas de las ideas que Negroponte presenta en este libro incluyen la visión simbiótica del diseñador y el computador, la necesidad de crear sistemas adaptables para resolver problemas diversos y la concepción del diseño como un proceso iterativo. Buscó como instrumentalizar sus teorías para re-imaginar la práctica de la arquitectura a través del paradigma lógico y funcional del computador (fig. 1.2.2.)

A través del aparato teórico y técnico del Proyecto, Negroponte imaginó una práctica de la arquitectura más científica y objetiva, más cercana a los habitantes, e independiente de los arquitectos tradicionales.

¹⁷ Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Inteligencia_artificial

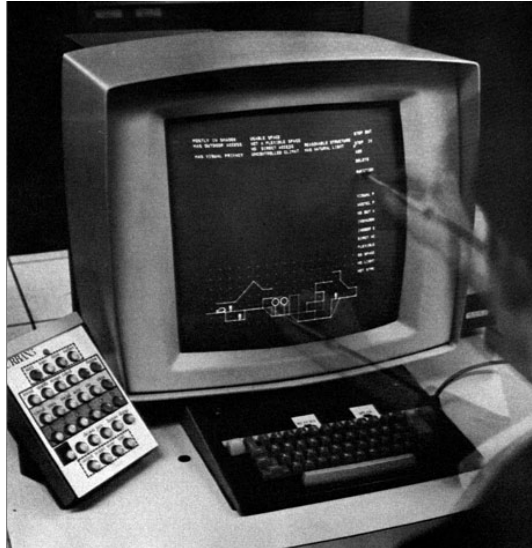


Fig. 1.2.2. Fotografía de URBAN5, uno de los sistemas descritos en *The Architecture Machine*, de Negroponte. Imagen MIT.

Contribución de Negroponte a la asistencia al proceso de diseño de tres maneras principales:

- Mediante la automatización de procesos corrientes.
- Mediante la modificación de métodos tradicionales para adaptarlos a métodos computables.
- Mediante un intercambio en el que el proceso de diseño considerado como evolutivo se presente a una máquina, también considerada como evolutiva, y a partir de ahí, pueda comenzar a desarrollarse por ambas partes un cierto aprendizaje, crecimiento y capacidad de adaptación (simbiosis o relación entre arquitecto-máquina).

Esta tercera manera es la que más interesaba a Negroponte. Imaginó que las máquinas y los humanos aprenderían el uno del otro. Ya no como “esclavos”; ya que los computadores participarían al mismo nivel que las personas de las etapas creativas del diseñar, afirma:

“Construyamos máquinas que puedan aprender, que puedan andar a tientas, que puedan rebotar como balones sueltos, máquinas que sean compañeras del trabajo arquitectónico, máquinas de arquitectura”.¹⁸

El interés de Negroponte reside además en la capacidad de crear máquinas no sólo capaces de resolver problemas sino de “preocuparse por ellos” Se trata de una visión utópica fruto de la época en la que se enmarcan sus teorías.

¹⁸ Negroponte, Nicholas. *The Architecture Machine: Toward a More Human Environment*. Cambridge: The MIT Press, 1973.

I.2.1.- SOBRE LA AUTOMATIZACIÓN DE DISTRIBUCIONES.

En la década de los setenta se desarrollaron algunos de los trabajos más significativos en cuanto a la distribución automática de espacios de circulación y habitaciones.

Podríamos resumirlos según su técnica de automatización:

- Mediante **matriz de adyacencia**: recintos de una planta a la que se asignan grados de proximidad (del 0 al 10, donde 0 indica una mayor proximidad y 10 mayor acercamiento) Los diagramas resultantes se presentan a modo de diagrama de burbujas o diagramas de rectángulos.
- Mediante **grafos asociativos**: los espacios son representados por nodos y comunicaciones por aristas. Se pueden analizar las diferentes relaciones y variantes que pueden darse a partir de versiones de un determinado programa.

En ambos casos se producen resultados de modo automático, sin otra intervención del arquitecto que la introducción de datos y ajustes posteriores para repetir el proceso. La utilización de estos métodos no ha tenido repercusión práctica entre los arquitectos, debido a su escasa difusión y disponibilidad comercial. Así, este tipo de trabajos no han tenido en cuenta la importancia del *tipo* en arquitectura.

I.2.2.- MODELOS DE PROCEDIMIENTOS.

Como explica J. Monedero en su último capítulo de *Aplicaciones informáticas en arquitectura*¹⁹: “Sobre el grado de ‘asistencia’ en el diseño asistido por ordenador”, un modelo de procedimientos es aquel en el que la morfología del objeto depende esencialmente del procedimiento especificado para su generación. El procedimiento es por lo general una ley que se aplica en ciclos sucesivos sobre la entidad simple de la que parte el procedimiento. El tipo de entidad de que se parte, la recursión y el número de ciclos definen el modelo.

Un ejemplo de estos modelos es el de “*gramática de forma*”, término desarrollado por Stiny, Mitchell y Fleming a principio de los años 80. Elaboran medios para describir la estructura de ciertas plantas por medio de “parámetros de forma”. Define el método de gramática de formas como un sistema generativo independiente de la geometría específica de una forma determinada, conteniendo información topológica frente a la geométrica. Se trata de un sistema de generación espacial basado en reglas de construcción que se aplican de modo sistemático a la producción de una forma que queda determinada en última instancia por el contexto.

¹⁹ Monedero, Javier. *Aplicaciones informáticas en arquitectura*. Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 1999.

I.2.2.1.- Gramática de forma. Villas de Palladio.

Como ejemplo de este procedimiento Mitchell y Stiny (1978) plantean un caso práctico en el que reproducen las villas de Palladio.²⁰ Por medio de la 'gramática de forma' generan los planos de planta de las villas de Palladio para una definición del 'estilo de Palladio'. La gramática se aplica para generar el plan de la Villa Malcontenta. Se hace un primer intento de refundir partes de Palladio de arquitectura gramática de una forma moderna, generativa. En muchos casos las reglas de generación son traducciones directas de cánones de diseño de Palladio, en otros La gramática resultante genera las principales características de la mayoría de los planos de las villas de Palladio desarrolladas en su obra teórica *I quattro libri dell'architettura*, 1570.

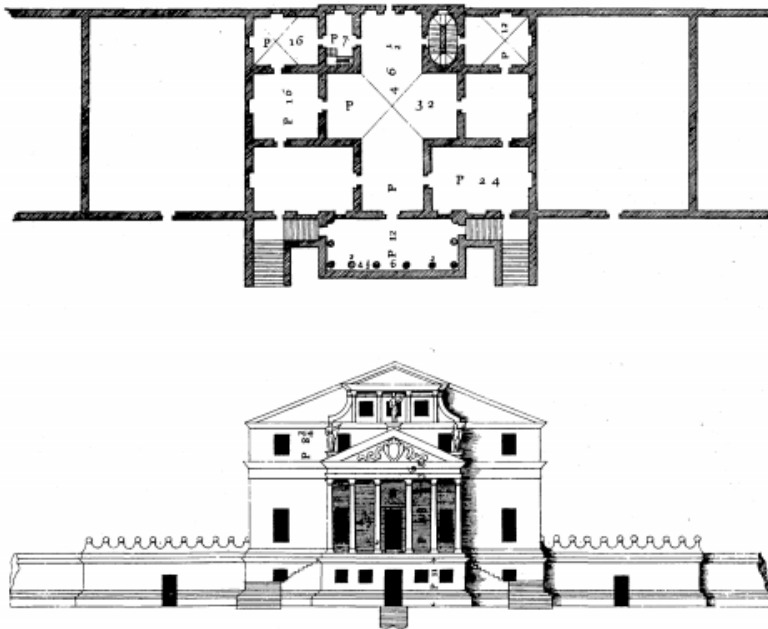


Fig. I.2.3. La villa Foscari o "La Malcontenta". Palladio. S. XVI.

²⁰ G. Stiny y W.J. Mitchell. *The Palladian grammar*. Environment and Planning B; Planning and Design 5, n.º 1, 1978. p. 5-18.

Ejemplo del Proceso de configuración de planta (síntesis):

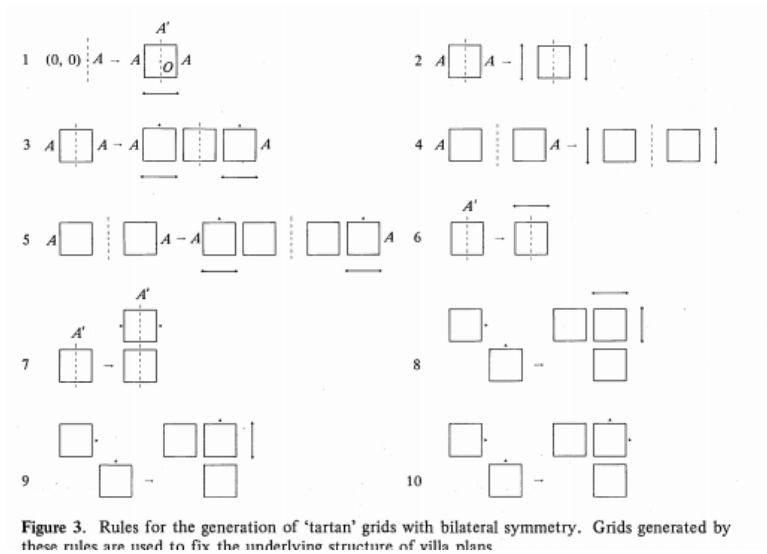


Fig. I.2.4. Definición de rejilla. Reglas para la generación de rejillas con simetría bilateral. Rejillas generada por estas normas se utilizan para fijar la estructura subyacente de los planos de la villa.

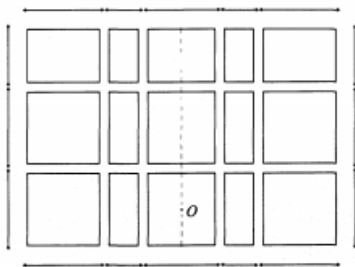


Figure 4. The underlying grid generated for the Villa Malcontenta

Fig. I.2.5. Cuadrícula subyacente generada para el Villa Malcontenta.

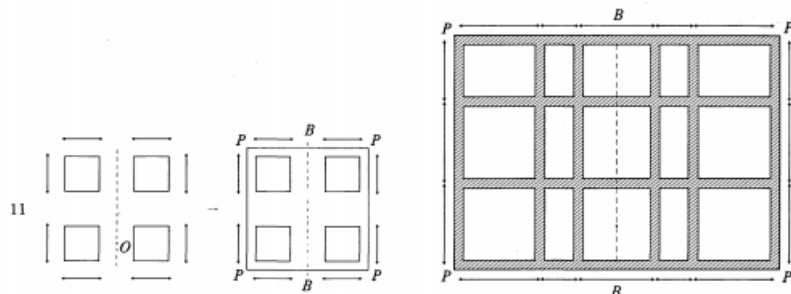


Figure 5. Rule for the generation of exterior walls.

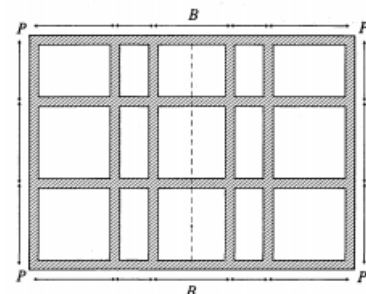


Figure 6. The underlying wall pattern for the Villa Malcontenta.

Fig. I.2.6. Reglas de definición muros exteriores.

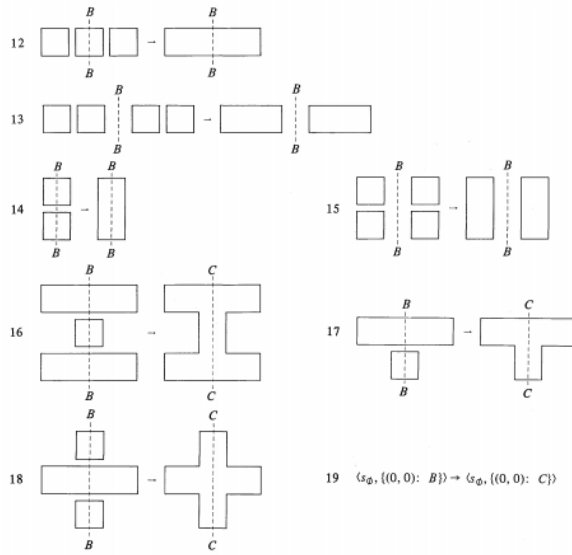


Figure 7. Rules for room layout.

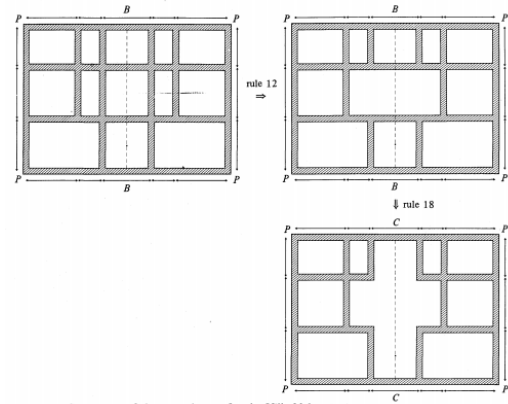


Figure 8. Generation of the room layout for the Villa Malcontenta.

Fig. I.2.7. Reglas de distribución de las habitaciones.

Fig. I.2.8. Generación de distribución de las habitaciones.

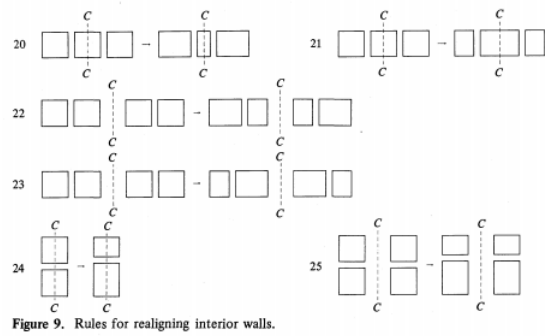


Figure 9. Rules for realigning interior walls.

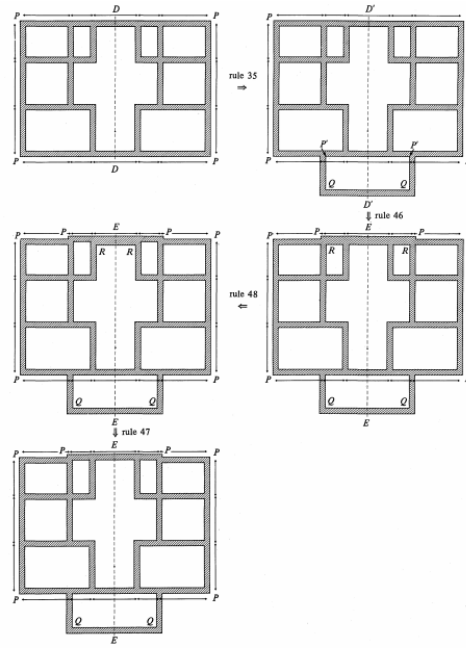


Figure 11. Generation of the portico and wall inflection for the Villa Malcontenta.

Fig. I.2.9. Reordenación de subdivisiones interiores.



Figure 12. Rules for finishing porticos by the addition of columns.

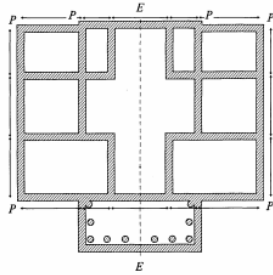


Figure 13. Addition of columns for the Villa Malcontenta.

Fig. I.2.10.Reglas y adición columnas.

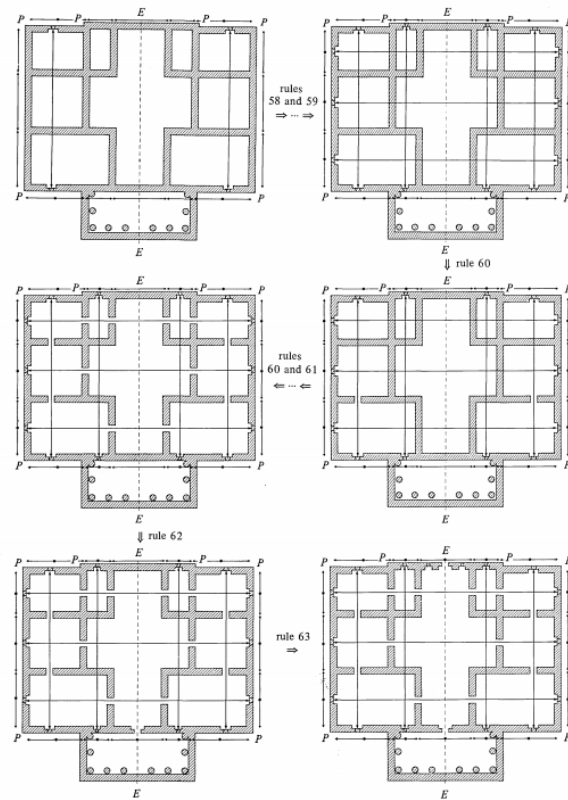


Figure 15. Generation of the windows and doors in the Villa Malcontenta.

Fig. I.2.11. Generación de ventanas y puertas.

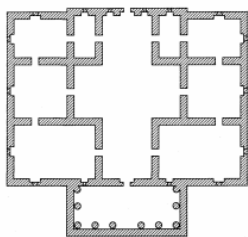


Fig. I.2.12. Planta final generada de la Villa Malcontenta.

I.2.1.2.- Gramática de forma de `casas de la pradera` de Wright.

"Consistency in grammar is therefore the property—solely—of a well-developed artist-architect. Without that property of the artist-architect not much can be done about your abode as a work of Art. Grammar is no property for the usual owner or the occupant of the house. But the man who designs the house must, inevitably, speak a consistent thought-language in his design. It properly may be and should be a language of his own if appropriate. If he has no language, so no grammar, of his own, he must adopt one; he will speak some language or other whether he so chooses or not"²¹

Frank L. Wright, 1954, pages 182-183

Los autores H. Koning y J. Eizenberg desarrollan en 1981 en su artículo *The language of the prairie: Frank Lloyd Wright's prairie houses*²², el siguiente método gramatical paramétrico es capaz de generar formas de composición y especificidades de casas del arquitecto Frank Lloyd Wright denominadas "casas de la pradera". Alrededor de la chimenea se van añadiendo bloques para formar los componentes básicos que definen el estilo de este tipo de casas.

En este caso concreto, la gramática está basada en un corpus de once casas, desde la casa Winslow el precursora del estilo a la casa Robie, considerada por muchos como la culminación éste. Mucho se ha escrito sobre el estilo casa-pradera, su `deuda` con las *BeauxArts*, su diseño tradicional japonés y sus cualidades orgánicas. Sin embargo, bajo este análisis de sistematización, se trata de establecer un método recursivo a partir del cual se pueda proponer nuevos diseños, bajo el estilo previsto. Se muestran finalmente tres nuevas casas de la pradera generadas por la gramática de formas, así como una generación paso a paso de uno de estos diseños.

²¹Frank L. Wright: *'The Natural House'*, Horizon Press, New York, 1954, p.182-183.

²²H. Koning y J. Eizenberg. *The Language of the Prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie Houses*. Environment and Planning B: Planning and Design 8, n° 3. 1981, p. 295-323.

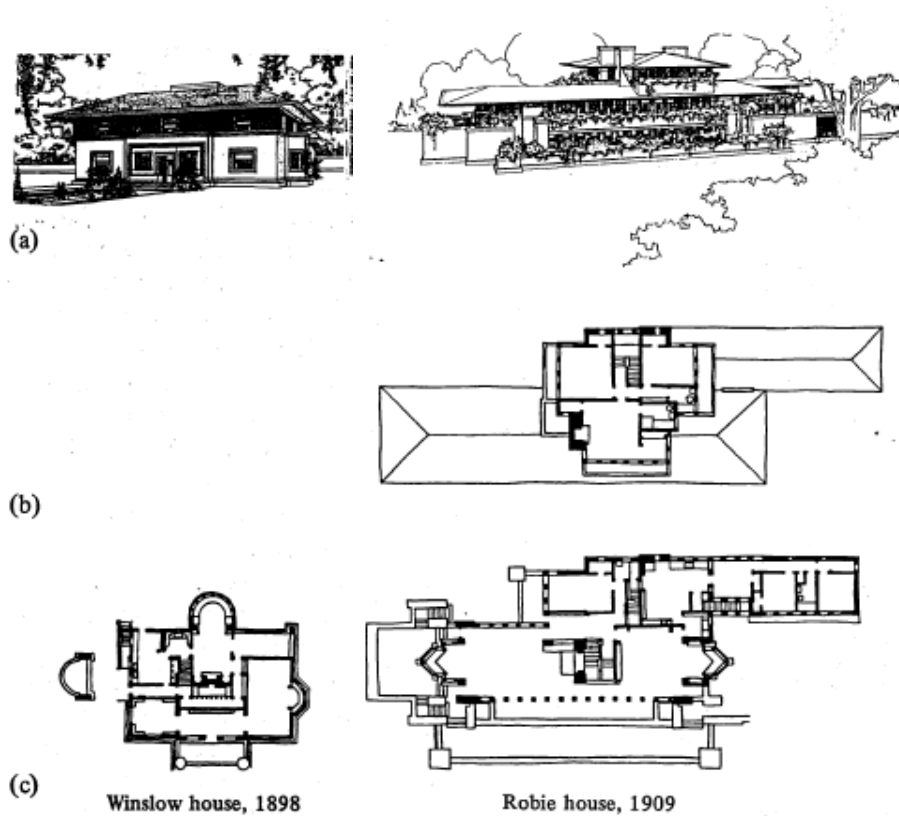


Fig. 1.2.13. Plantas de proyecto de casa Winslow 1898 y casa Robie 1909. Frank L. Wright. Imágenes extraídas del artículo de Koning y Eyzenberg: *The language of the prairie: Frank Lloyd Wright's prairie house. 1981.*

La composición básica de las casas-pradera tiene a la chimenea como el centro lógico del diseño. Alrededor de la chimenea, las habitaciones irradian hacia el exterior y hacia la pradera. Estas simples convenciones para el diseño están codificadas y elaboradas en esquemas reglados de la forma 1-18 especificada en la figura 4. Estos esquemas se aplican para generar la composición subyacente de formas de casas de estilo pradera. Los esquemas 1 y 2 se aplican a la forma inicial de la gramática, que consiste en el símbolo * asociado con el punto (0, 0, 0), para establecer una chimenea. Una vez establecida una chimenea, se puede añadir una zona de estar en cualquiera de las cuatro formas determinadas por los esquemas 3-6. Se añade una zona de servicio a la zona de estar como se muestra en el esquema 7. De esta manera, la unidad central de una casa de la pradera es fija. Los sucesivos esquemas responden a distribuciones en base a reglas descritas por los autores del método (para una descripción más detallada se recomienda revisar el artículo mencionado)

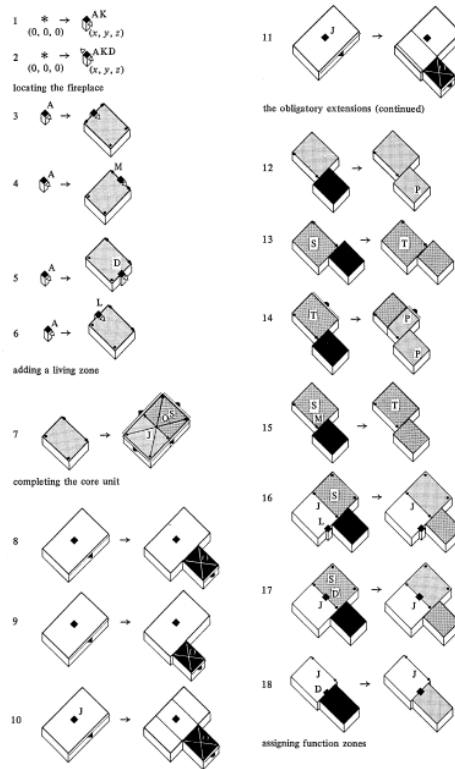


Fig. 1.2.14. Esquema de composición a partir de formas básicas.

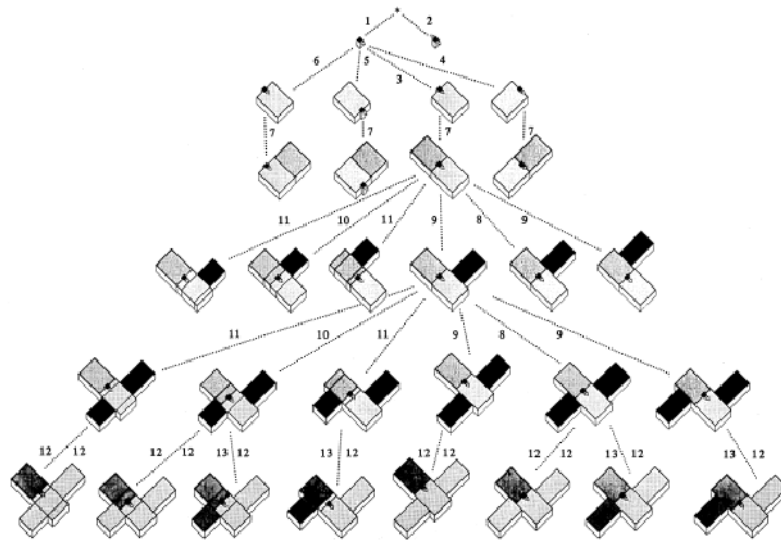


Figure 10. Part of the tree showing admissible sequences of shape rule schemata applications used to generate basic compositions. Numbers on the branches indicate the schemata applied.

Fig. 1.2.15. Una representación esquemática de algunas secuencias admisibles de aplicaciones de estos esquemas se da en la figura 5. En este caso, diferentes se especifican secuencias de esquemas aplicados siguiendo diferentes caminos en un diagrama de árbol. En total, los esquemas 1 a 18 se puede utilizar para generar ochenta y nueve composiciones básicas para diseñar casas-pradera.

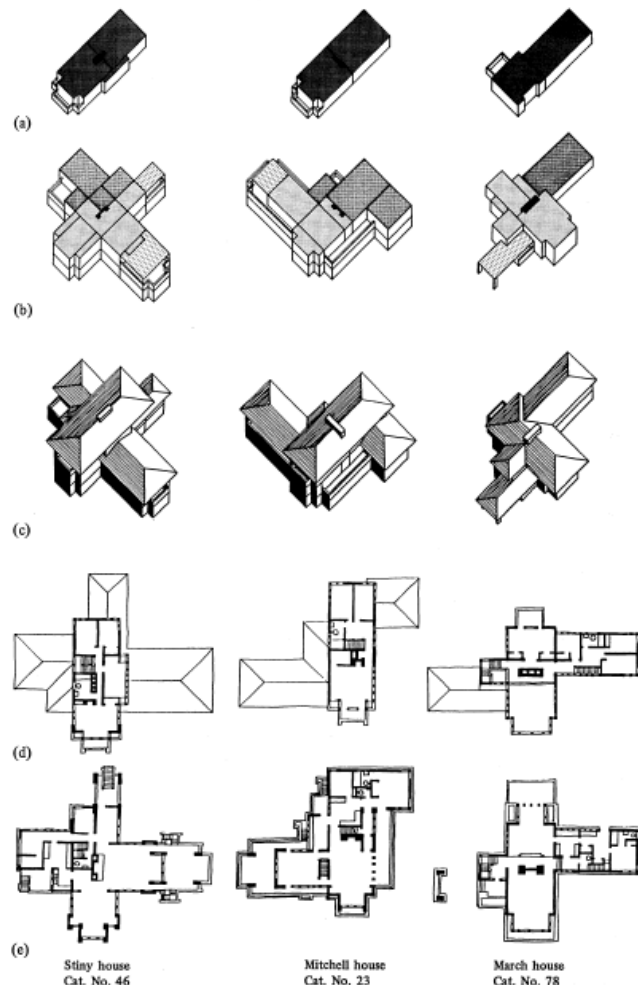


Figure 20. Three new designs as generated by the grammar: (a) bedroom level, (b) main floor level, (c) external form; and the detailed plans (d) bedroom floor plan, (e) main floor plan.

Fig. I.2.16. Tres ejemplos propuestos a partir de la aplicación del método de gramática de formas de Koning y Eyzenberg para diseño de casas-pradera de Wright.

El método o procedimiento de la *gramática de forma* constituyó durante los años ochenta y noventa un área muy activa en el campo de la investigación en el campo de la arquitectura, pero, como se ha venido anunciando, su aplicación real y sus repercusiones en los arquitectos han sido prácticamente nulas. La importancia de este método radica en la posibilidad de tratar de modo directo el concepto de tipo, crucial para la arquitectura. Una gramática de forma puede considerarse como la estricta articulación lógica, computable y derivable, de una tipología arquitectónica. Como resumen, los elementos que conforman el sistema son: a) la forma, b) conjunto de operaciones booleanas y transformaciones euclidianas definidas sobre estas formas, c) especificación paramétrica que permita definir familias de formas equivalentes, d) etiqueta asociada a una forma que la asocie a un conjunto de puntos etiquetados y e) regla definida sobre estos elementos de tal modo que una forma etiquetada permita obtener automáticamente una forma semejante.

I.2.3.- AUTOMATIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL EN ARQUITECTURA.

Esta tesis trata sobre el problema de distribución espacial en planta (en inglés, SLP= *Space Layout Planning*) aplicada al Proyecto Arquitectónico. La creación de diseños de planta es una cuestión clave para la arquitectura, problema que hasta ahora, debido a su complejidad, no tiene un método concreto para su resolución.

Una vez desarrollado en el primer capítulo la complejidad del proceso de proyectación, en esta parte, se presenta una visión general y descripción del Proceso "Diseño Arquitectónico" para facilitar la comprensión de este fenómeno. En segundo lugar se presenta una breve historia y el desarrollo de la distribución espacial en planta, ya continuación, una descripción de propuestas recientes (técnicas, enfoques y estrategias) para implementar soluciones de diseño. Los conceptos de optimización, sistemas generativos, inteligencia artificial, algoritmos genéticos, basados en la física-modelado, etc. También se propone la revisión de software comerciales CAAD y BIM y el impacto generado en la producción de la práctica de arquitectura hoy en día.

1.2.3.1.- La automatización de la distribución espacial en arquitectura: ¿una utopía?

En los estudios de arquitectura nos encontramos hoy en día con una gran variedad de programas informáticos de ayuda o apoyo a la proyectación, todos ellos enfocados a la creación de planos de plantas y levantamientos en 3D. Hasta ahora, no se trata de programas inteligentes capaces de "crear" por sí solos, automáticamente, ningún tipo de solución. La investigación en el campo de la automatización de espacios en arquitectura se inició hace unos 50 años. Se han presentado muchas soluciones, propuesto prototipos, desarrollado fórmulas, pero ninguno de ellos ha calado entre los arquitectos.

Entre los muchos planteamientos de partida para tratar de comprender la dificultad que entraña la sistematización de los procesos proyectuales, el arquitecto se enfrenta a multitud de parámetros para obtener un resultado o método, entre ellos:

- Los arquitectos tienen que ajustarse a un amplio programa de necesidades que el cliente requiere para contenerlo en una forma (edificio).
- Los arquitectos deben tener en cuenta muchas variables en el diseño espacial por plantas.
- De manera sintética, el resultado de este proceso será un dibujo o esquema que contenga una disposición de rectángulos (distribución espacial de programa de necesidades)

1.2.3.2.- ¿Puede diseñar una máquina?

A modo de conclusión, el arquitecto Javier Monedero trata de dar respuesta a esta pregunta a la que se han enfrentado durante décadas tanto informáticos, ingenieros y en poca medida los arquitectos. Como hemos mencionado anteriormente, en su resumen sobre los distintos trabajos y herramientas para el diseño en el campo de la arquitectura, reflexiona con estas tres curiosas respuestas:

- *“Claro. Nosotros somos máquinas y diseñamos, ¿o no?”*
- *“Naturalmente. Hace años que existen programas que, dadas ciertas condiciones de entrada, producen una forma como respuesta”*
- *“Imposible. Un diseño es, por definición, algo específicamente humano. Es la respuesta a creencias, deseos, intenciones, emociones. Las máquinas no pueden creer, ni desear, ni tener intenciones ni emocionarse”* (Monedero, 1999)

1.2.3.3.- Fases de la distribución espacial en planta. El programa de necesidades.

Fase 1. El programa de necesidades. Un primer paso consiste en la transformación del programa de necesidades básico en un ‘diagrama’ o esquema de usos en planta de proyecto.

La figura 1.2.16.muestra un ejemplo real de empleo del diagrama de usos, su distribución en planta, la abstracción de las relaciones entre los espacios y el resultado de una de las plantas de proyecto.

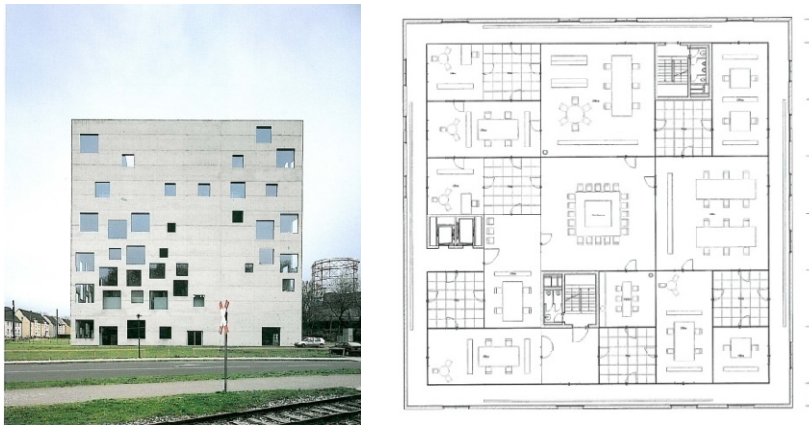
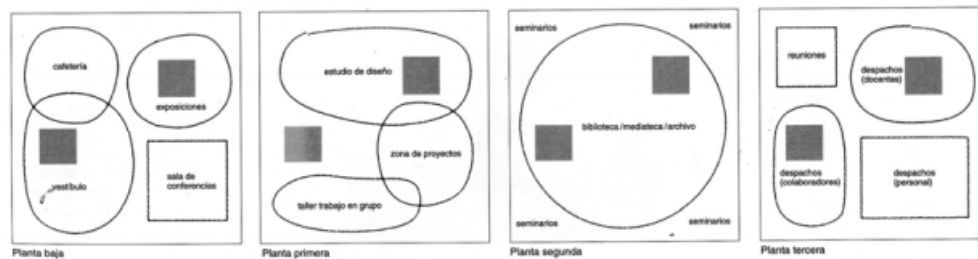


Fig. 1.2.16. Planta 3ª de proyecto.



Plantas diagrama. Fig. 1.2.17. Escuela de diseño Zollverrein. Essen. Alemania. 2003-2006. Proyecto de Sanaa (Kazuyo Sejima + Ryue Nishizawa). El croquis nº 139 (2007)

Una planta se define por la localización de las diferentes aéreas y espacios propuestos en el programa de necesidades que aporta el cliente. La distribución en la planta se basa en la asignación de relaciones entre funciones, tamaños, geometría, es decir, se trata de una traducción de las necesidades (las actividades humanas) del cliente en un lenguaje de programación de arquitectura, en palabras y números que se pueden transformar por el arquitecto en habitaciones, tamaños y algunas relaciones entre estas habitaciones.

Fase 2.- Criterios y variables. Criterios cuantificables extraídos del contexto: parcela, vistas, orientación, accesibilidad, edificabilidad, usos principales y secundarios, etc. Debido a la gran cantidad de variables y factores que operan durante el proceso proyectual basados en geometría, económicos, técnicos, constructivos, etc. No existe un único método que permita la transformación directa entre un programa de necesidades y una única planta.

En el proyecto para la Torre Roche de Herzog y de Meuron en el año 2006 (fig. 1.2.18.), se fusionan los distintos programas de necesidades en altura con los espacios libres (en naranja) y de circulación vertical. El resultado de esta combinación genera un organigrama funcional completo por niveles. En ocasiones la conversión de estos esquemas abstractos en diseños definitivos no es tan directa. Lo importante no es llegar al esquema de distribución, siendo este tan sólo el punto de partida del problema.

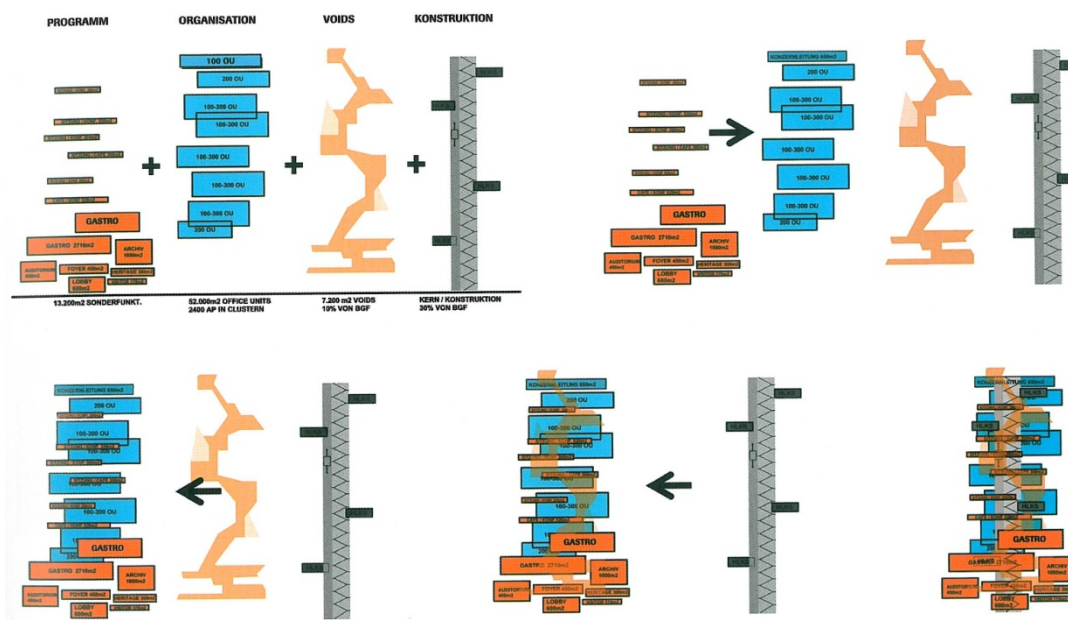


Fig. 1.2.18. Torre Roche. Basilea. Suiza. 2006. Proyecto de Herzog y de Meuron. Diagramas funcionales publicados en AV Proyectos nº 18 (2006)

1.2.4.- ESTADO DEL ARTE EN AUTOMATIZACIÓN Y DISTRIBUCION DE PLANTAS ARQUITECTÓNICAS.

En este apartado se ofrece una revisión de los distintos programas, prototipos y estudios académicos sobre la automatización en la distribución de espacios arquitectónicos desarrollados en la última década. Se toma como base para esta revisión el artículo de Danny Lobos y Dirk Donath: *The problema of space layout in architecture: A survey and reflexions*²³ Se complementa esta revisión con mis propias reflexiones sobre las soluciones descritas, comparaciones y posibles relaciones con la metodología propuesta en la presente tesis.

1.2.4.1. Investigaciones y prototipos:

- 1- **Arvin and House (1999). *Physically-Based Modelling Techniques*:** La Matriz de adyacencia es modelada como conexiones elásticas entre los elementos del programa de necesidades. Estas bandas elásticas funcionan como fuerzas de atracción para posicionar los espacios. Se intentan modelar las intenciones del proyectista en líneas de fuerza. Fig. 1.2.19.

Fuente: Arvin, Scott A. and House, Donald H. *Modeling Architectural Design Objectives in Physically Based Space Planning*. Media and Design Process [ACADIA '99 / ISBN 1-880250-08-X] Salt Lake City 29-31 October 1999, pp. 212-225.

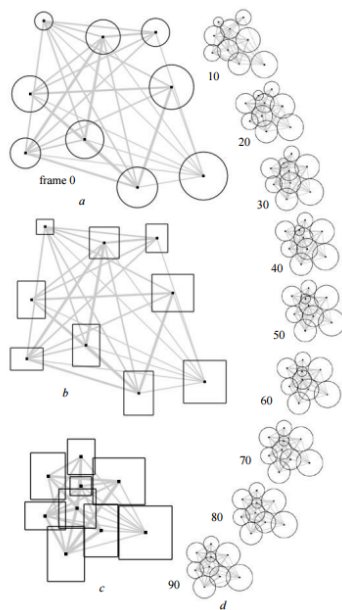


Fig.1.2.19. Arvin y House. *Physically-Based Modeling Techniques*

²³Lobos, Danny, Donath, Dirk. *The problem of space layout in architecture: A survey and reflections*. Arquitectura revista [en línea] 2010, 6 (Julio-Diciembre)
 Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193617358005>>

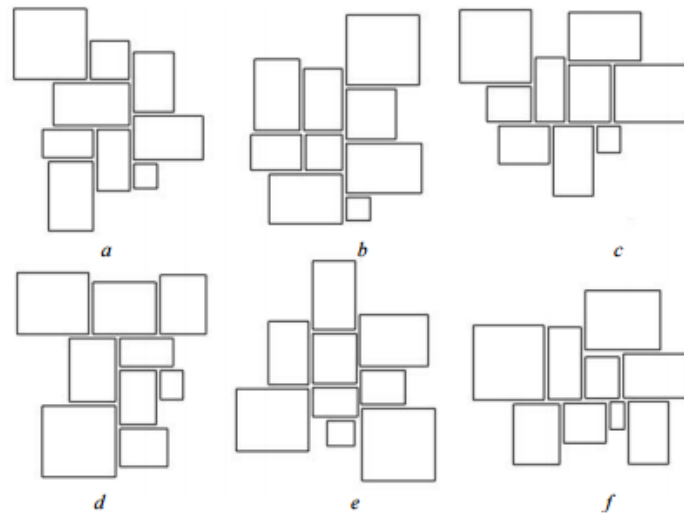


Fig. 1.2.20. Se muestran seis muestras de resoluciones geométricas utilizando el mismo programa arquitectónico. Las proporciones iniciales para cada espacio se mantuvieron de una muestra a otra, pero las posiciones iniciales fueron aleatorizadas. Se observa el 'desperdicio' de algunos espacios. Se obtienen variedad de diseños producidos a partir de un simple conjunto de objetivos.

2- **Hsu (2000). Constraint-Based:** Crea una base de datos con las relaciones entre los espacios y el entorno. Lo implementa en AutoCad + LISP. Solo puede utilizar formas rectangulares. Fig. 1.2.21 y 1.2.22.

Fuente: HSU, Y.C. *Constraint Based Space Planning: A Case Study*. 2000, ACADIA Quarterly, 19(3):2-3.

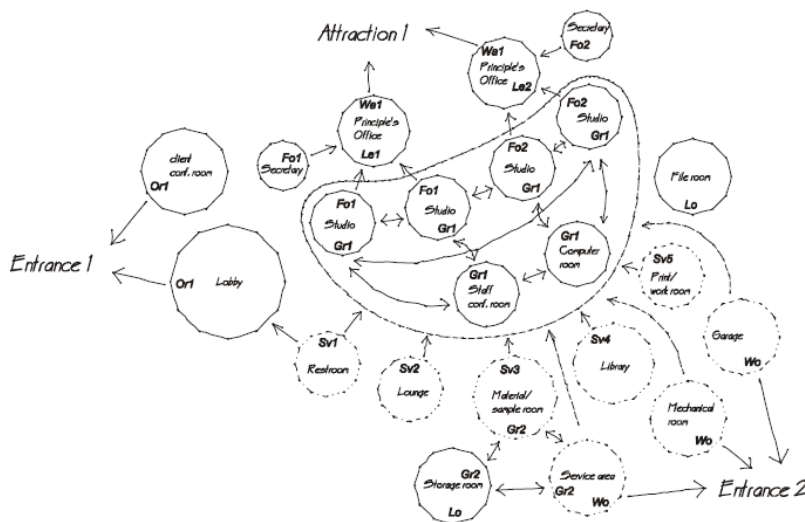


Fig. 1.2.21. Diagrama de carácter espacial (estudio de arquitectura)

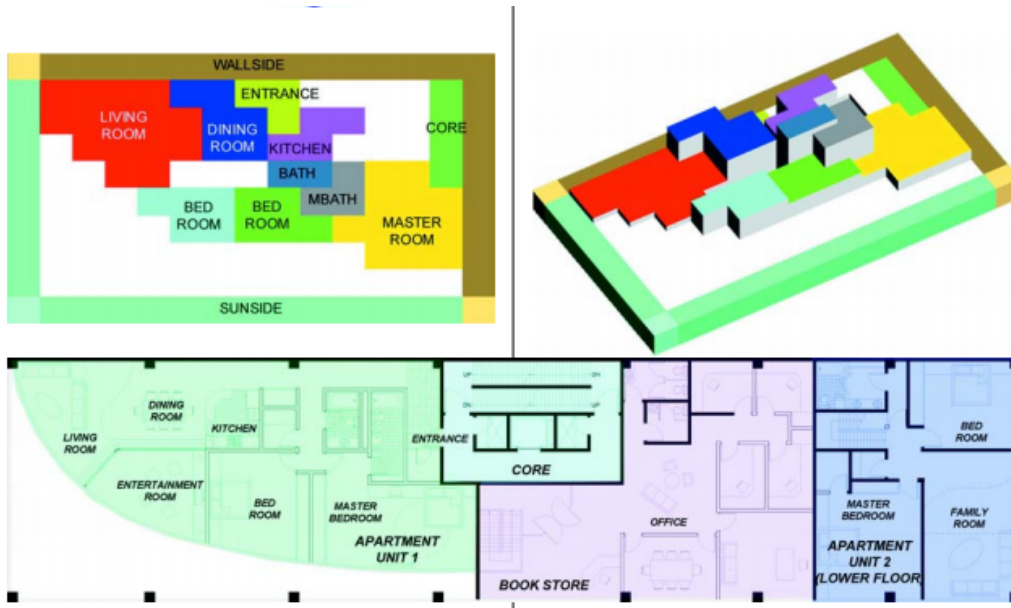


Fig. 1.2.22. Resultado obtenido en un caso práctico, edificio mixto residencial-comercial en Chicago. Fuente: *Constraint based space planning: a case study*.

3- Eezkurtaĵ and Franck (1999). Generative Design: Utiliza Inteligencia Artificial con Estrategias Evolutivas y Algoritmos Genéticos para el diseño de plantas arquitectónicas.

Las variantes del diseño son tratados como una evolución de las especies. Las propiedades que están sujetas a la evolución se refieren a la forma y a la función de las habitaciones alojadas. Dado que la función de la arquitectura es un concepto abierto que no sólo incluye la comodidad física, sino aspectos estéticos, el sistema no se destina a hacer la evolución de diseños automáticos. Más bien, se invita al usuario a intervenir de forma interactiva en el procedimiento como se muestra en la interface.

Fuente: ELEZKURTAJ, T.; FRANCK, G. Genetic Algorithms in Support of Creative Architectural Design. *En: European Computer Aided Architectural Design and Education*, 17, Liverpool, 1999. Proceedings... Liverpool, 1999, p. 645-651.

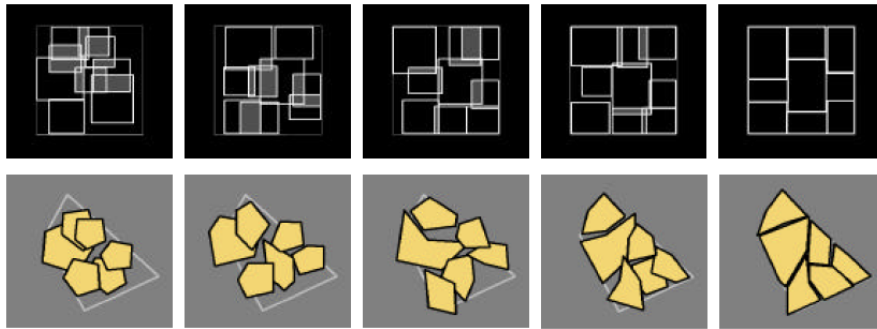


Fig. 1.2.23: Montaje de habitaciones mediante tamaño dado y una forma principal en un esquema minimizando huecos, solapamientos y desbordamientos (interpretada por una Estrategia Evolutiva)

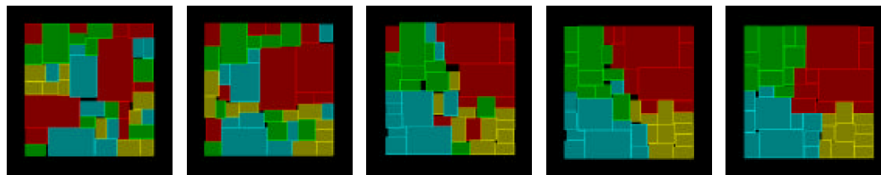


Fig. 1.2.24: Reorganización de los módulos (partes de habitaciones) encajado en el esquema de acuerdo con las preferencias de relaciones de vecindad (por Algoritmo Genético)

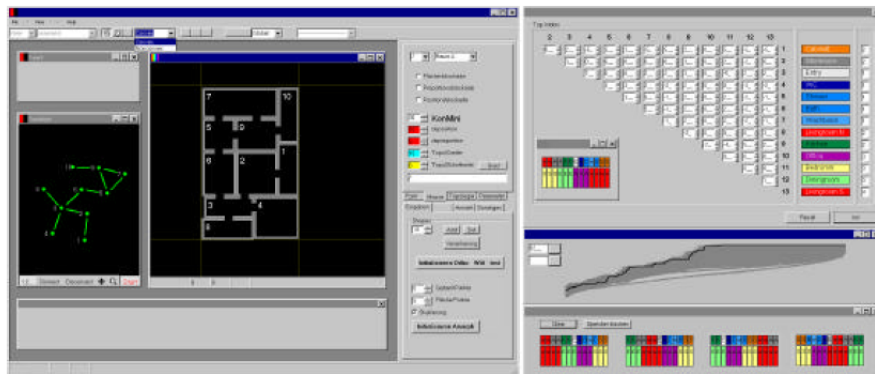


Fig. 1.2.25: Interfaz de usuario que muestra la topología (relaciones de acceso) a la izquierda; geometría (planta) centro; la matriz topológica (que contiene las relaciones de vecindad) a la derecha.

4- Li et al. (2000) Constraint-Based Generative System: Utiliza S.L.P. (Successive Linear Programming) y G.R.C. (Generative Reduced Gradient Alg.). Trabaja con Microstation, limitado a distribuciones en contornos rectangulares.

Fuente: LI, S.P.; FRAZER, J.; TANG, M.X..A Constraint Based Generative System for Floor Layouts. En: Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, 5, Singapore, 2000. Proceedings... Singapore, 2005, p. 441-450.

Caso de estudio: se plantea un problema de distribución de planta sencilla. Seis bloques de componentes se colocan en un límite de 8 m × 10 m. El programa de necesidades consta de una entrada, un baño, una cocina, una sala de estar y dos dormitorios. Estos seis componentes deben cubrir toda la zona de la frontera. Están sujetos a los requisitos dimensionales y las limitaciones funcionales de la Tabla que se indica a continuación:

Bloque	Área min.	Área max.	Largo min.	Largo max.	Ancho min.	Ancho max.	Proporción (ratio)
Entrada (ENT)	-	15	1	8	1	10	-
Salón (LIV)	15	20	2	6	2	6	[0.5,2]
Dormit. 1 (BED1)	12	18	1.7	6	1.7	6	[0.5,2]
Dormit. 2 (BED2)	12	18	1.7	6	1.7	6	[0.5,2]
Baño (BAT)	5	8	1.5	6	1.5	6	-
Cocina (KIT)	5	8	1.5	6	1.5	6	-

Tabla. Restricciones dimensionales. (Traducción propia)

Condiciones:

- La entrada está en el norte del límite.
- La sala de estar se encuentra junto a la entrada con al menos 1,5 m de longitud de contacto.
- Los dormitorios se encuentran, o adyacente a la entrada o al lado de la sala de estar con al menos 1 m de contacto.
- La cocina y el baño se encuentran al lado de la sala de estar con un mínimo de 1 m de longitud de contacto.
- Con el fin de evitar que la relación largo-ancho de los dormitorios o la sala de estar sea desproporcionada se limita su proporción o ratio a un máximo de 2.

En la fig. 1.2.26, a la izquierda se muestra el diagrama funcional de este problema. El objetivo del problema es maximizar el espacio de habitaciones de estancia, es decir, la superficie total de la sala de estar y los dos dormitorios.

A la derecha se muestran los valores objetivos en la parte superior de cada planta, se indica la superficie total de la sala de estar y los dos dormitorios en metros. Cuanto mayor sea el valor de la función objetivo, mejor es la solución. A partir del diagrama, se observa que el programa puede generar diferentes órdenes topológicos con todas las limitaciones dadas. Todas las soluciones obtenidas están optimizadas con respecto a cada disposición topológica de acuerdo a la función objetivo. En la Tabla se puede extraer que la superficie máxima total de la sala de

estar y los dormitorios es de 56 m². El sistema puede encontrar no sólo una solución óptima sino varias. Además de las soluciones óptimas, se sugieren algunas otras soluciones sub-óptimas. Aunque estas sub-óptimas no son las mejores soluciones, pueden servir de inspiración para otros diseños.

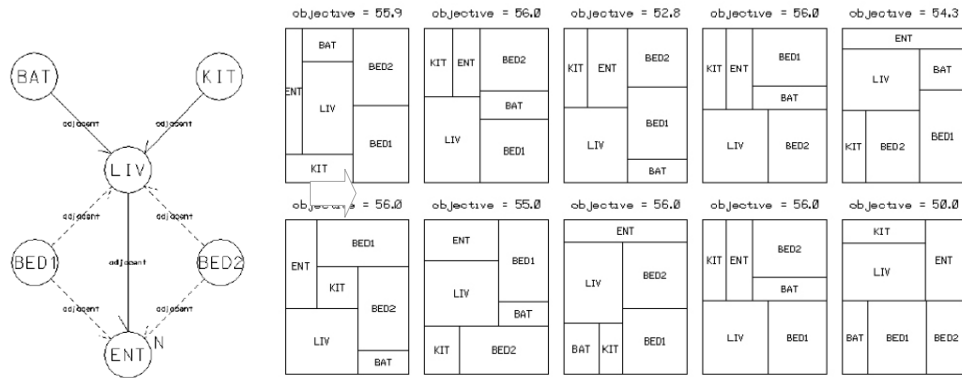


Fig. 1.2.26.

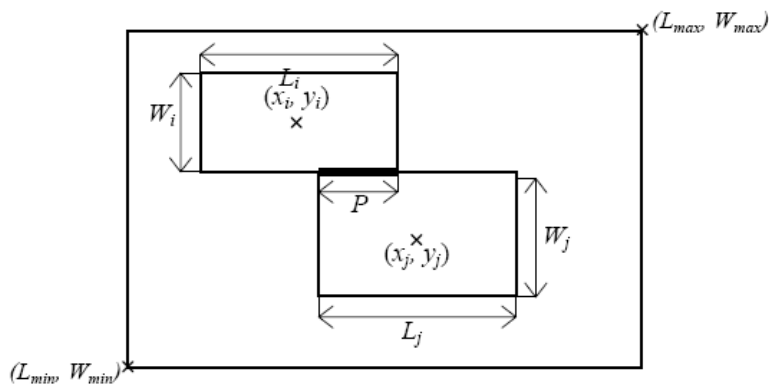


Fig. 1.2.27. Variables del problema. Las Limitaciones de diseño son los requisitos funcionales y físicos de un problema de diseño. En esta imagen se representa el proceso de conversión de las restricciones de diseño en modelos matemáticos. Hay dos tipos de restricciones de problemas de planificación de diseño se consideran: restricciones dimensionales y limitaciones funcionales. Las restricciones dimensionales limitan el tamaño de cada bloque, mientras que las limitaciones funcionales determinan la colocación de cada bloque de acuerdo a los requerimientos funcionales.

5- Michalek et al. (2002) GradientBased and Evolutionary Algorithms: Modelo de Optimización que integra optimización matemática y tomas de decisiones durante el proceso. Usa una retícula de cuadrados y posiciona en cada uno una habitación.

Fuente: MICHALEK, J.; CHOUDHARY, R.; PAPALAMBROS, P. Architectural Layout Design Optimization. *Engineering Optimization*, 34:461-484. 2002.

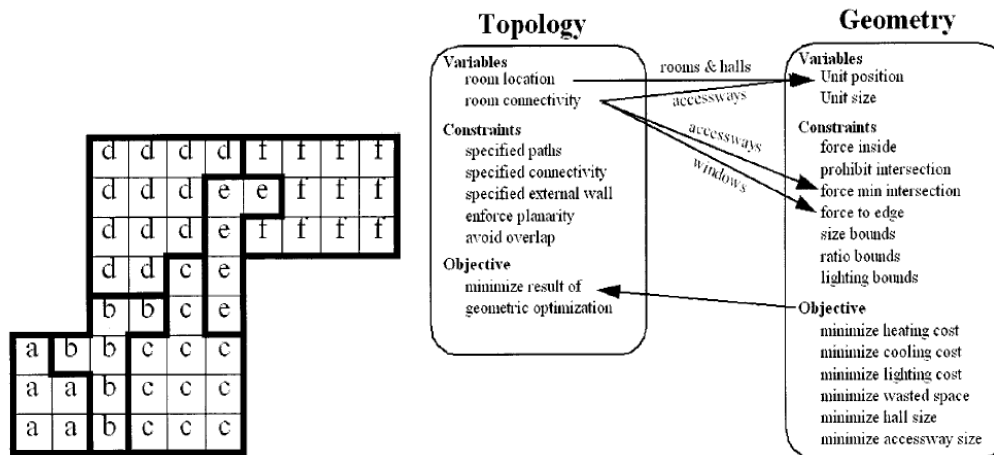


Fig. 1.2.28. A la izquierda: Rejilla fija. Un enfoque para la asignación espacial es definir el espacio disponible como un conjunto de huecos o cuadrados en rejilla y utilizar un algoritmo para asignar cada cuadrado a una habitación o actividad en particular. Este problema es inherentemente discreto y multi-modal. A la derecha: Esquema que muestra la relación entre la topología y los algoritmos de optimización de geometría.

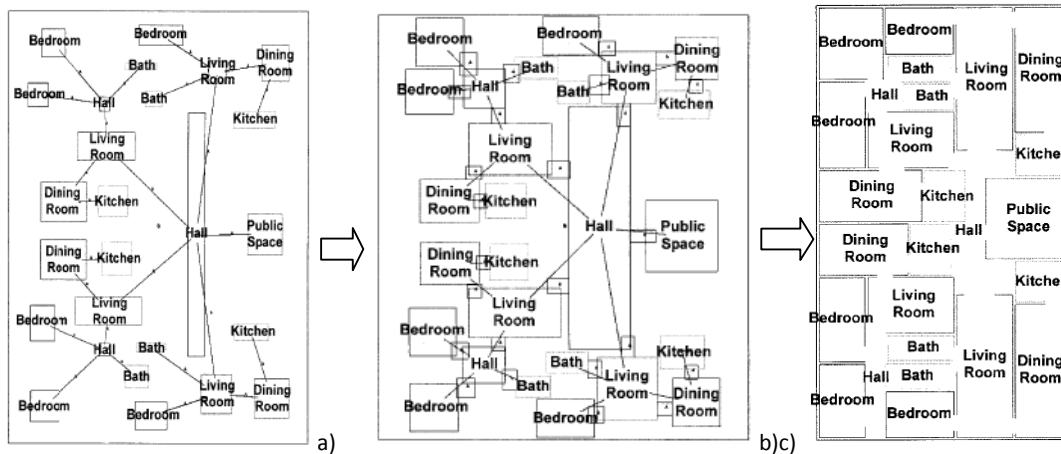


Fig. 1.2.29. Caso práctico: Se muestra la progresión del algoritmo CFSQP de optimización utilizado para un edificio de apartamentos con programa funcional complejo.

- a) muestra el boceto trazado inicial proporcionada por el diseñador (líneas como acceso entre unidades)
- b) es una iteración intermedia (ahora acceso entre unidades se muestran como rectángulos)
- c) muestra resultado de la planta (acceso entre unidades se muestran como aberturas de la pared para mayor claridad).

6- Hsu and Krawczyk (2003-2004). CAD in Space Planning Methods: Presenta el estado del arte y describe diferentes técnicas. *Neighbor Searching techniques, Switching techniques, Random techniques, Zoning Clustering, Virtual Grid Searching Methods, Bubble Diagram simulation, Interactive Space Layout and Physically-Based Space modification.* También muestra una herramienta la Space Planning Design Assistant.

Fuente: HSU, Y.C.; KRAWCZYK, R. Form Development with Spatial Character. En: European Computer Aided Architectural Design and Education, 18, Copenhagen, 2004. Proceedings... Copenhagen, 2004, p. 278-285.

Resumen de los procesos informatizados de Planificación Espacial:

El proceso de toma de decisiones es también una parte importante en todo el proceso de diseño. Algunas de las investigaciones se centran más en la sección del proceso de toma de decisiones. Encontramos que el investigador observa el proceso de decisión del arquitecto y trata de simularlo. Se desarrollaron diferentes técnicas para mejorar el resultado del programa de planificación espacial.

Después de combinar las investigaciones, el autor propone un nuevo programa de planificación espacial: el *Space Planning Design Assistant (SPDA)*(Figura 11) En este diagrama, se incluyen nuevos conceptos: el *Space Character* y *Architectural Form Element*.

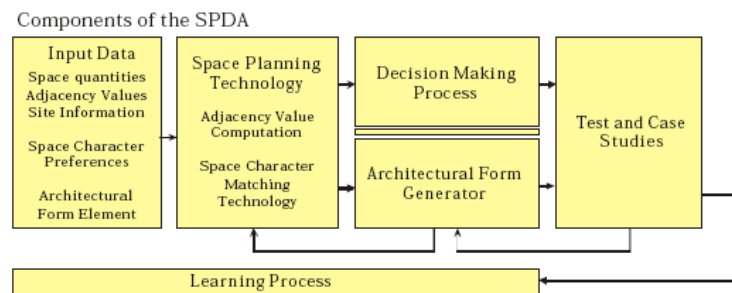


Fig. 1.2.30. Diagrama del SPDA.

Las representaciones en las investigaciones anteriores muestran que los resultados de los diagramas de relación espaciales permanecen en dos dimensiones. Con los recursos informáticos de hoy en día, el autor plantea el uso de los diagramas en tres dimensiones para mostrar relaciones espaciales más claras para el diseñador. Su investigación plantea la posibilidad de representación forma tridimensional. (Figura 1.2.31.) Con unas ciertas reglas y organización, diagramas tridimensionales es posible crear un programa de organización espacial bien organizado. Además, la forma inicial de construcción puede ser sugerida con cierto nivel de detalle. Se le proporciona al diseñador ideas adicionales sobre la forma arquitectónica, no sólo a nivel conceptual, sino también a nivel funcional.

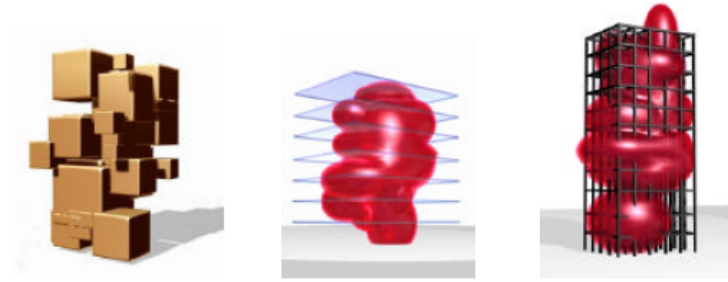


Fig. I.2.31. Posibles representaciones en tres dimensiones con el SPDA.

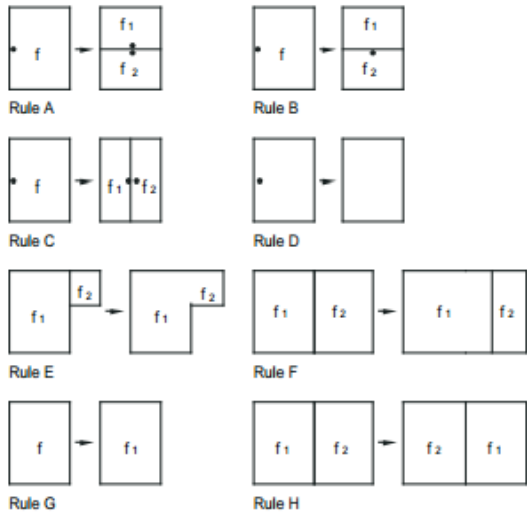
7- Duarte (2003). Discursive Grammar: Desarrollo de un sistema interactivo para generar soluciones basadas en “*Discursive Grammar*” (*Programming Grammar and Designing Grammar*). Provee reglas para generar diseños en un estilo particular.

Fuente: DUARTE, J. A Discursive Grammar for Customizing Mass Housing. The case of Siza’s houses at Malagueira. En: European Computer Aided Architectural Design and Education, 21, Graz, 2003. Proceedings... Graz, 2003, p. 665-674

Este autor desarrolla un sistema interactivo para generar soluciones basadas en un enfoque de modelado llamada *gramática discursiva*. Una *gramática discursiva* consiste en una *gramática de programación* y una *gramática de diseño*. La *gramática de programación* genera instrucciones de diseño basados en los datos de usuario; la *gramática de diseño* proporciona las reglas para generar diseños en un estilo particular, y un conjunto de heurísticas como guías de la generación de diseños hacia una solución que coincide con de diseño previsto. Aporta un caso de estudio a partir de las viviendas de Alvaro Siza en Malagueira, en Evora. Portugal.

La gramática de diseño se ocupa de la generación de una solución de vivienda que coincide con el programa de vivienda mediante la manipulación tanto simbólica y descripciones de forma. Para que sea más fácil para el lector comprender las propiedades formales de la gramática, nos muestra un conjunto muy simplificado de la forma reglas y la generación parcial de un diseño utilizando tales reglas en la Figura 14. La generación de un diseño Malagueira se basa en la manipulación de los rectángulos usando reglas para la disección, de conexión, y que se extiende rectángulos, así como las reglas para la asignación y el cambio de las funciones asociadas con ellos. La generación de los diseños básicos con estas reglas comprende dos pasos. En el primer paso, el lote es primero dividido en cuatro zonas funcionales-patio, salón, servicio, y el sueño-con ello la obtención de un patrón básico, y luego se añade una escalera definiendo de este modo un patrón de escalera y la casa.

(a) Simplified shape rules



(b) simplified partial derivation

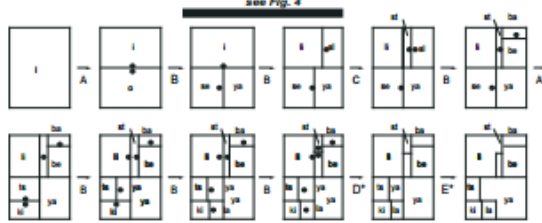


Fig. I.2.32. Diagrama de Reglas de formas en Malagueira (a) y la derivación parcial de un diseño existente (b).

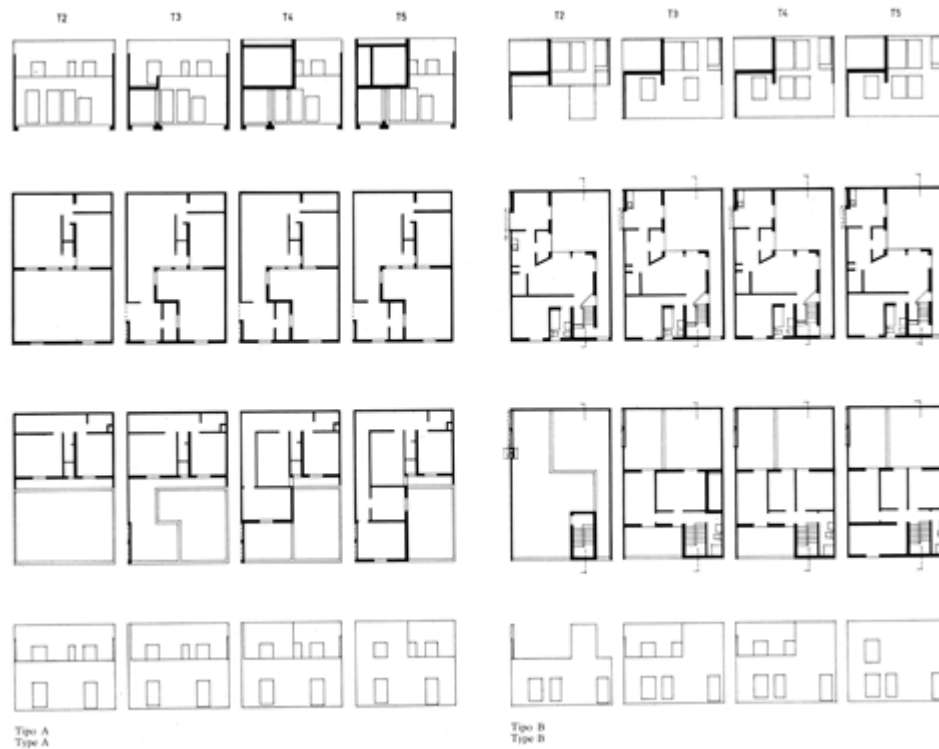


Fig. I.2.33. Plantas del proyecto Viviendas en la Malagueira, 1973, revista el Croquis nº 68-69, Alvaro Siza 1950-2000.

8- Keatruangkamala and Sinapirom aram (2005). Mixed Programming: Define variables y parámetros: funcionales y restricciones dimensionales. *Restricción y función Objetivo:* Minimizar la distancia entre habitaciones y maximizar el espacio de habitaciones. Utiliza GLPK (GNU Linear Programming Kit).

Fuente: KEATRUANGKAMALA, K.; SINAPIROMSARAM, K. 2005. Optimizing Architectural Layout Via Mixed Integer Programming. *En: CAAD FUTURES*, 11, Vienna, 2005. *Proceedings...* Viena, 2005, p. 175-184.

Los autores formulan el diseño de optimización de espacios arquitectónicos como modelo de programación mixto multiobjetivo, resuelto por el solucionador de *MIP (Mixed Integer Programming)*. La idea principal es capturar las limitaciones funcionales, las limitaciones dimensionales y la función objetivo utilizando sólo fórmulas lineales con variables binarias. Las conectividades son limitaciones funcionales, no se utilizan las celdas de la cuadrícula, la ubicación de la habitación es fija, la frontera y la ubicación fronteriza es fija mientras que las restricciones de cota son los que no se limitan, la superposición, la duración y las limitaciones de relación. La función objetivo está diseñada para minimizar la distancia absoluta entre habitaciones y maximizar los espacios de habitación. Debido a la no linealidad de área de computación, se utilizan aproximaciones lineales de las restricciones para anchura y altura. Los arquitectos pueden controlar estos diferentes objetivos dentro del modelo. Al especificar la restricción rígida y los límites de tiempo, el problema se puede resolver en un plazo razonable de tiempo.

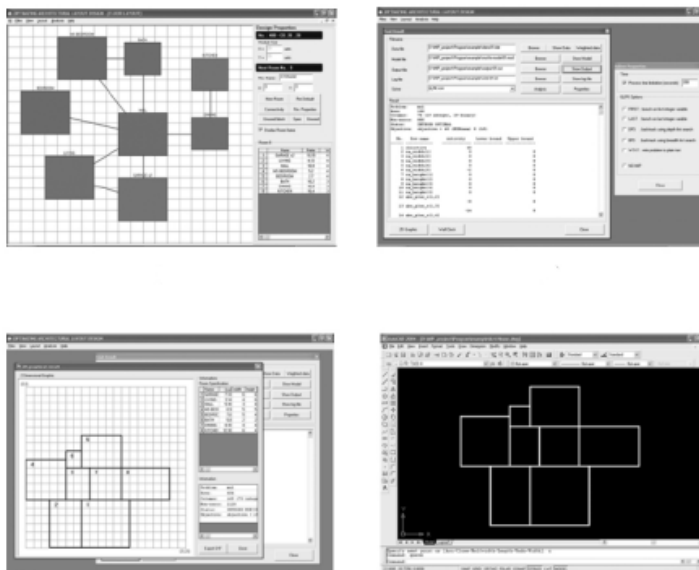


Fig.I.2.34. *Mix Integer Programming.*

9- Loemker (2006) Operations Research: Allocation Techniques + Scheduling Algorithms:

La distribución arquitectónica es descrita en forma de reglas matemáticas. Demuestra que el diseño es en principio un problema combinatorio. Algoritmos genéticos en base a restricciones en una búsqueda de la solución óptima del problema. Se aplica a edificios nuevos y a rehabilitaciones.

Fuente: LOEMKER, T. Designing with Machines: solving architectural layout planning problems by the use of a constraint programming language and scheduling algorithms. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE ARAB SOCIETY FOR COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN, Sharjah, 2006. Proceedings...* Sharjah, 2006, p. 88-106.

La investigación de este autor se centra en un enfoque para describir los principios de la planificación en la de diseño de arquitectura en forma de reglas matemáticas que serán ejecutadas por el uso de un ordenador. La tarea de planificación se define como un análisis de un problema con el objetivo de encontrar soluciones óptimas mediante la utilización de métodos matemáticos. El principio fundamental del enfoque presentado en este documento es la comprensión del diseño en términos de la búsqueda soluciones que cumplan criterios específicos. Se ejecutará esta búsqueda por el uso de un lenguaje de programación de restricción. Se presentarán ejemplos de problemas de diseño arquitectónicos que pueden ser resueltos por el uso de este paradigma de programación, así como el uso de algoritmos de planificación.

Describe el “modus operandi” en el diseño arquitectónico de este modo: Los usos de las descripciones matemáticas implican las siguientes hipótesis:

El diseño arquitectónico se ve afectado por las reglas. Estas reglas pueden ser de objetivos y naturaleza subjetiva. Reglas objetivas son generalmente aceptadas, se trata de normativas urbanísticas, de habitabilidad, etc. Que se relacionan con el entorno. Las normas subjetivas se basan en el interés específico del arquitecto, implican reglas de diseño y todos los aspectos que se relacionan con el elemento creativo del proceso de diseño.

Respecto a la metodología: el problema de decisión de una tarea de planificación está representado por una simulación o modelo de optimización y la aplicación de un eficiente algoritmo para ayudar a encontrar una o más soluciones al problema, a través de búsqueda de soluciones que cumplan con criterios específicos.

- La solución de diseño tiene que cumplir con requisitos específicos (Restricciones)
- El diseño tiene que luchar por objetivos específicos (Objetivos)
- Hay opciones disponibles que podrían cumplir con las limitaciones y objetivos (Variables del diseño)

El modelo de optimización en sí consiste en un número determinado de variables y parámetros constantes, uno o más objetivos, así como un número fluctuante de restricciones.

Los modelos para el diseño de nuevos edificios se desarrollan a partir de técnicas basadas en la descripción geométrica de las habitaciones (*Mixer Integer Programming*) y otros a través algoritmos de planificación.

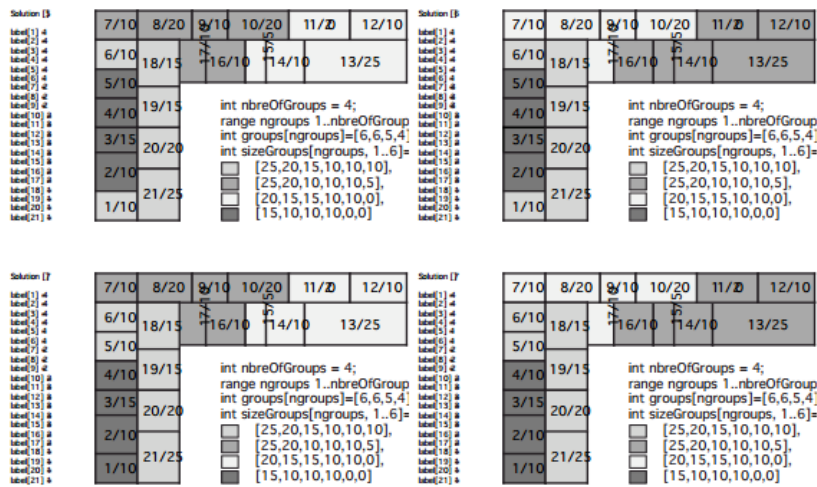


Fig. I.2.35. Ejemplo modelo “no destructivo” mediante matriz de adyacencia para rehabilitaciones de edificios. Diagrama de Técnicas de Asignación + Programación de algoritmos.

10- Nilkaew (2006). Genetic Algorithm: Estudia el problema del Diseño de una vivienda. Proceso de análisis: Cualitativo y cuantitativo (desde el espacio de la habitación a las relaciones de ésta). Utiliza algoritmos genéticos.

Fuente: NILKAEW, P. Assistant Tool for Architectural Layout Design by Genetic Algorithm. In: Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, 11, Kumamoto, 2006. *Proceedings...* Kumamoto, 2006, p. 641-643.

El objetivo de este método es desarrollar una herramienta para ayudar a formar un diseño preliminar y un proceso de pensamiento mediante el uso de algoritmos genéticos para encontrar las soluciones factibles para el diseño conceptual y esquemático.

La herramienta optimizadora se desarrolla bajo dos conceptos principales: proceso de análisis cualitativo y el análisis cuantitativo. En primer lugar, el arquitecto debe pensar en el espacio de la habitación. A continuación, el arquitecto tendrá que pensar en la relación con el entorno.

Además del estudio de modelado, la herramienta se centrará en dos partes del método de diseño y será calcular o verificar el óptimo global de la imagen esquemática.

El proceso cualitativo se centra en la gestión topológica del espacio y relación arquitectónica. El paso topológico se maneja dentro de la primera etapa del proceso de diseño arquitectónico. El arquitecto proporcionará la parte imaginativa, los requisitos funcionales y las relaciones espaciales. La figura 1.2.36 muestra un ejemplo de vivienda mínima, a cada habitación se asignan áreas. Cada habitación tiene relación entre otra (rojo o línea azul). El arquitecto puede

controlar la herramienta para calcular las plantas esquemáticas en la siguiente etapa de la gestión de los tamaños, las relaciones y órdenes.

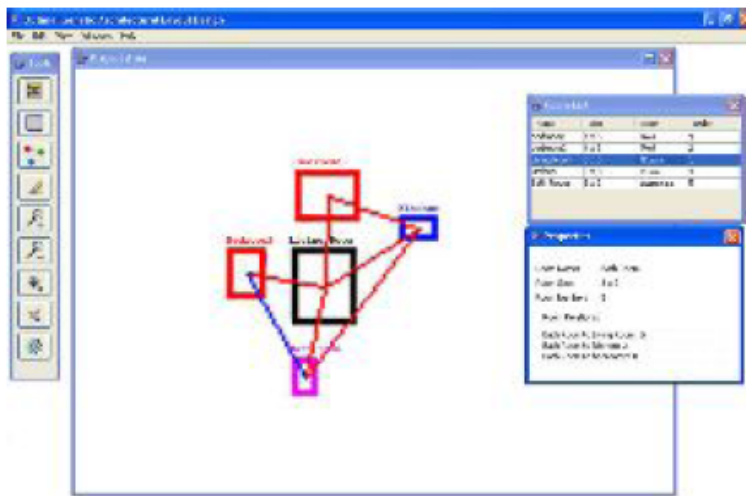


Fig. 1.2.36. Herramienta de trabajo como asistente al arquitecto en el proceso topológico.

El proceso cuantitativo se centra en las distintas opciones de esquemas de planta. Estas opciones se han generado a partir del proceso cualitativo. Las opciones de plantas se calculan y generan mediante algoritmo genético. Cada planta será diferente según sean las funciones y la orientación de la colocación de la habitación, pero cada esquema se seguirá utilizando la misma condición de tamaños, funciones y relaciones (figura 1.2.37)

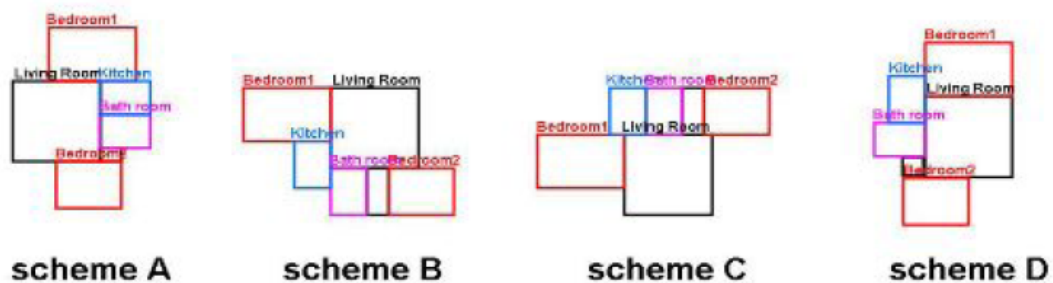


Fig. 1.2.37. Distintas opciones de planta esquemática generada mediante el algoritmo genético.

11- Doulgerakis (2007). Genetic Programming + Unfolding Embryology: Implementa un Método de generación y optimización de plantas, considerando la configuración espacial y la asignación de actividades. Se utilizan algoritmos genéticos y un método de evaluación para optimización multiobjetivo.

Fuente: DOULGERAKIS, A. *Genetic and Embryology in Layout Planning*. London, UK. Masters Dissertation. University of London, 84 p. 2007.

La descripción de una configuración espacial se basa en la agregación de espacios. El *Genotipo* del programa está compuesto por los *argumentos* y *funciones*. Los *argumentos* son espacios que tienen dos variables [anchura y altura], mientras que las *funciones* son operaciones de transformación (avanzar, girar y escalar según variables) que se aplican a los argumentos sub-dependientes, por ejemplo, los espacios. (Fig. 1.2.38)

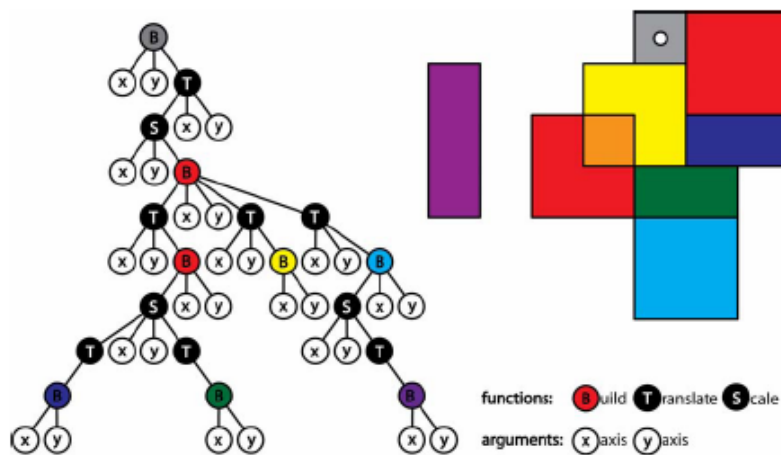
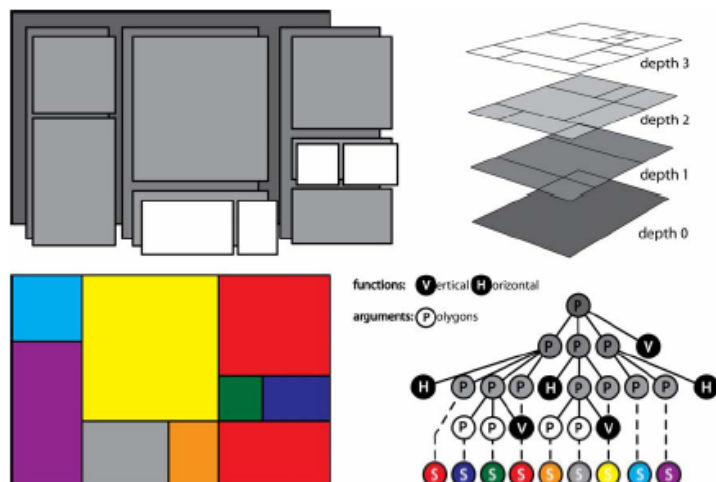


Fig. 1.2.38 y 1.2.39. Agregación de espacios genotipo-fenotipo.



12- Medjoub and Yannou (2001). Topological Level and Heuristic Algorithms: Aplicación de planificación espacial que usa soluciones topológicas y grafos. Aplica *Heuristic Algorithms for Space Ordering* restricciones. Resuelve aspectos topológicos sin determinar dimensiones. Define relaciones, orientación y tamaños mínimos.

Fuente: MEDJDOUB, B.; YANNOU, B. 2001. Dynamic space ordering at a topological level in space planning. Artificial Intelligence in Engineering, 15:47-60.

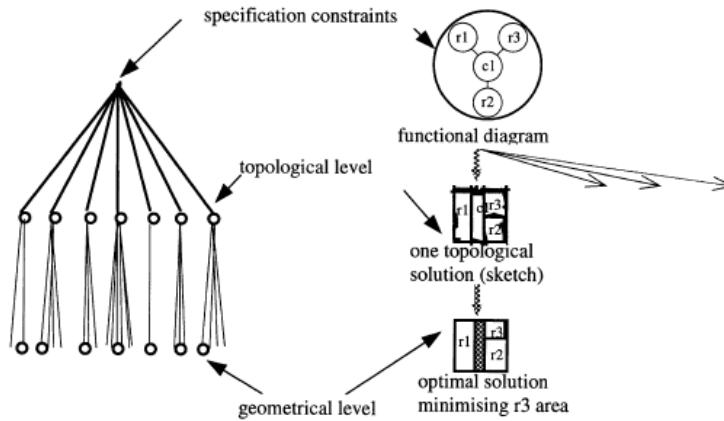


Fig. 1.2.40. Diagrama de soluciones en Archiplan. Soluciones topológicas y geométricas. El método cuenta con tabla de tipos de restricciones (dimensionales, topológicas, de contacto o adyacencia, de no solapamientos, etc.) (fig. 20)

Table 1
Dimensional constraints applied on the spaces of the house with two floors. Each length and width unit corresponds to 0.5 m (*l*-min: minimum length, *w*-min: minimum width)

Unit	Area domain values	<i>l</i> -min	<i>w</i> -min	Unit	Area domain values	<i>l</i> -min	<i>w</i> -min
Rt_Floor	[320,320]	20	16	Sd_Floor	[320,320]	20	16
Living	[72,128]	6	6	Room1	[48,60]	6	6
Kitchen	[36,60]	5	5	Room2	[48,60]	6	6
Toilet/Sh	[16,36]	4	4	Room3	[48,60]	6	6
Office	[36,60]	6	6	Room4	[48,72]	6	6
Corridor	[9,64]	3	3	Bath1	[16,36]	4	4
Staircase	[24,28]	4	4	Bath2	[16,36]	4	4
Corridor2	[9,64]	3	3	Balcony	[12,24]	3	3

Fig. 1.2.41. Tabla de restricciones.

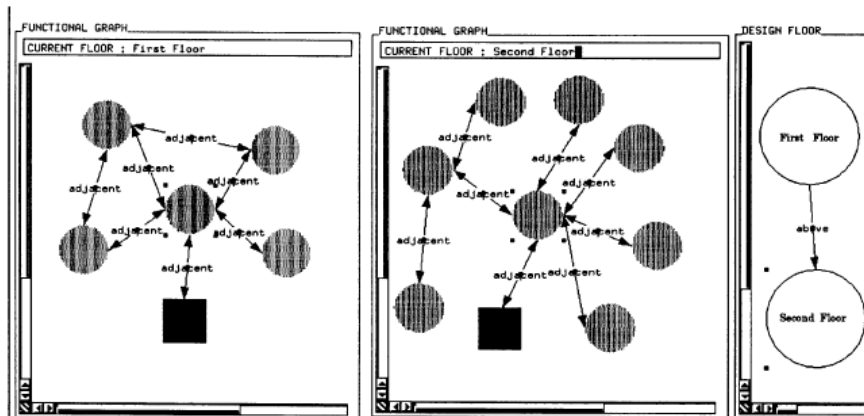


Fig. 1.2.42. Diagrama funcional de la vivienda con dos plantas.

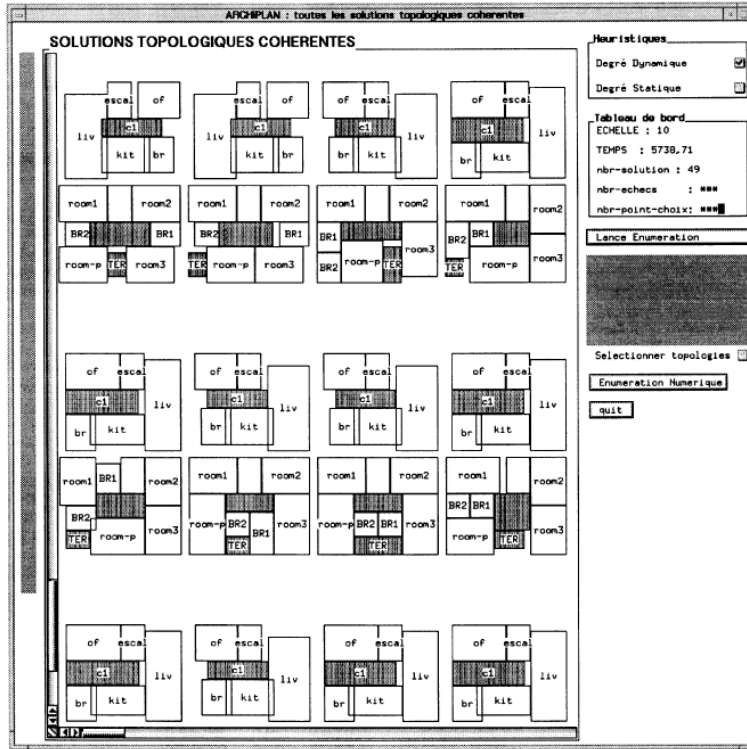


Fig. I.2.43. Algunas soluciones topológicas para la vivienda con dos plantas

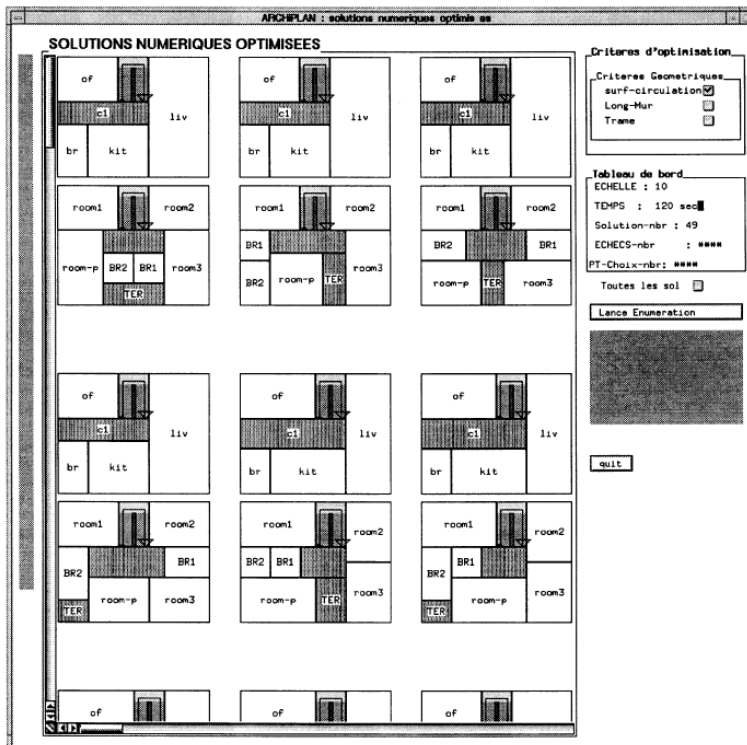


Fig. I.2.44. Algunas soluciones geométricas óptimas para la vivienda con dos plantas.

13- Del Río-Cidoncha et al. (2007b). Facility Layout Design: El fin es implementar un Método de Distribución Arquitectónica. Combina Sistemas Expertos con Inteligencia Artificial. Restricciones y necesidades son utilizados en varios algoritmos en tres etapas. Localización (*Slicing tres*), Camino (*Sistemas expertos basados en reglas*) y Orientación (*Computer Assisted Numerical Method*) todos ellos siguiendo el Método del FengShui.

Fuente: DEL RÍO-CIDONCHA, M.; IGLESIAS, J.; MARTÍNEZ-PALACIOS, J. A multidisciplinary model for floorplan design. *International Journal of Production Research*, 45(15):3457-3476. 2007.

El punto de partida consiste en:

- Un esquema inicial, definido por su forma exacta y dimensiones.
- Las habitaciones para distribuir y sus dimensiones.
- Requisitos de proximidad entre las diferentes habitaciones o actividades.

Los principales conceptos en este método son: analizar los procesos típicos del diseño arquitectónico, los objetivos generales y las restricciones del diseño. Definen como *Composición Arquitectónica* como la búsqueda de bocetos físicos capaces de lograr ciertos objetivos mediante el cumplimiento ciertas restricciones. Este proceso, que por lo general se aplica en situaciones complejas, tiene dos características principales: pensamiento y discernimiento creativo. Estas dos funciones son facilitadas por los operadores analíticos y de representación.

Hay tres áreas de conocimiento en diseño arquitectónico: conocimiento sobre la materia, es decir, acerca de los objetos arquitectónicos y la arquitectura en general; conocimiento acerca de la representación, es decir, acerca de los métodos para hacer una representación gráfica del objeto que se ha diseñado; y, finalmente, el conocimiento sobre el proceso de diseño, que incluye las estrategias y criterios utilizados en el proceso de decisión de la forma arquitectónica.

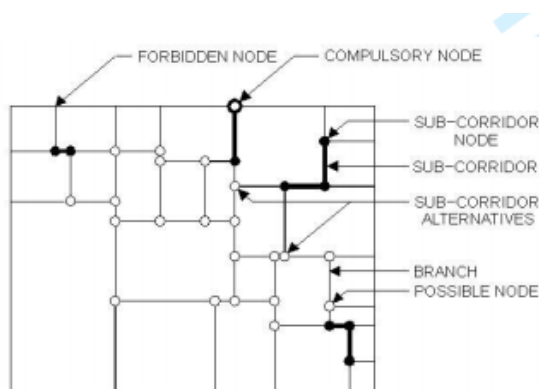


Fig. I.2.45

14- Multi-objective Optimization Tool for Room Configuration: Optimización Multiobjetivo de una configuración de habitaciones, de una edificación muy simple, dos viviendas con dos habitaciones y pasillo por cada una. Las soluciones son evaluadas en función a tres factores, el tamaño del pasillo, la distancia de la habitación 3 al borde más al sur y la complejidad geométrica. Estos tres valores son normalizados, pesados y comparados mediante un *Agregate Objective Function (AOF)*.

Fuente: "The Wolfram Demonstrations Project"

<http://demonstrations.wolfram.com/AMultiobjectiveOptimizationOfARoomConfiguration/>

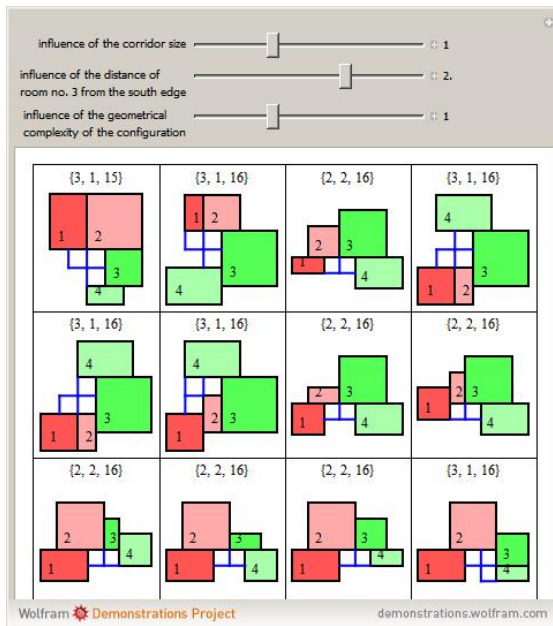


Fig.I.2.46. Un ejemplo de "Multiobjective Optimization of a Room Configuration"

Reflexiones sobre estas Investigaciones y Prototipos:

1º Los métodos de optimización desarrollados por arquitectos suelen usar herramientas combinatorias y de agregación de tipos para problemas concretos o "*Shape Grammars*", ya usados por estos antes de la aparición de la informática, ahora con más recursos y más potencia. Son válidos porque parten de un buen conocimiento de los tipos y de la arquitectura, pero no son polivalentes para su aplicabilidad en la realidad. Aportan soluciones casi sabidas de antemano, para lo cual, el esfuerzo de programar una aplicación poco productivo. Como hemos visto, por ejemplo, en el caso de Duarte (2006) gracias a la *gramática de formas* se obtienen variantes en un estilo particular, que coincide con el diseño previsto de antemano.

2ª Los métodos desarrollados por Ingenieros utilizan Algoritmos Evolutivos y Heurísticas. Toman datos y realizan tablas de adyacencia, de fuerza de atracción, para intentar ordenar los espacios. No han conseguido resultados satisfactorios. La definición topológica de los espacios está conseguida, la funcional ó circulatoria no termina de implementarse correctamente para conseguir ofrecer resultados similares a los que logra alcanzar la mente humana.

1.2.4.2. Aplicaciones comerciales. Prototipos²⁴

En esta segunda parte del estado del arte se describen brevemente los distintos programas comerciales relacionados con el diseño arquitectónico.

1- Alberti (AcadGraph, 1998)

Aplicación para la generación automática de distribuciones de espacios arquitectónicos. Utiliza conceptos de redes neuronales para manejar las relaciones y restricciones entre espacios. Se introducen las habitaciones, su orientación (Norte, Sur, etc.) y las relaciones entre ellas (fuerte, media, débil) y el algoritmo produce un centenar de soluciones en segundos y elige la que mejor se ajusta a los criterios. La introducción de datos es muy similar a la práctica real en arquitectura pero los resultados no son muy satisfactorios, dejan huecos vacíos entre habitaciones.

2- Vectorworks10 (Nemetscheck, 2004)

Esta herramienta denominada “*Space Planning Tools*” consiste en tres pasos: Definición del programa (habitaciones, nombres, tamaños y relaciones), introducir programa a la aplicación y finalmente creación automática de una disposición general abstracta. El arquitecto debe recolocar todas las habitaciones manualmente.

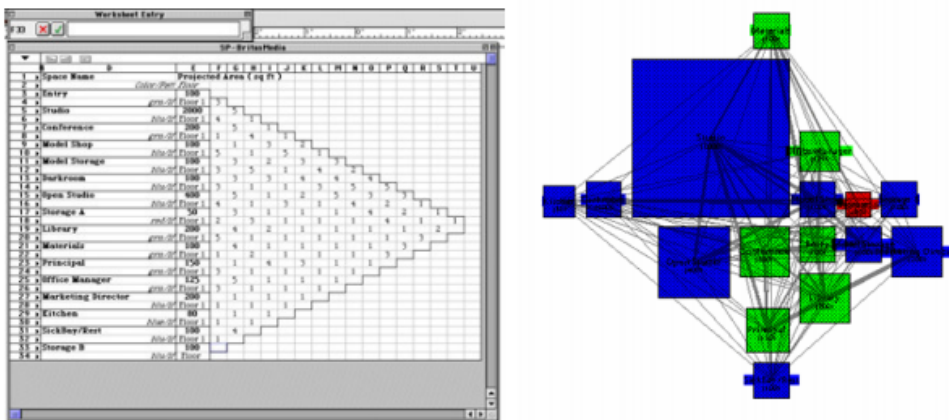


Fig. 1.2.47. Vectorworks10.

3- Affinity 5.0-5.6 (Trelligence, 2006-2009)

Fue creado para contemplar el proceso Edificatorio Completo (diseño y construcción). Consiste en varios pasos: introducir el Programa de Necesidades (definido dentro o fuera de la

²⁴ Este subcapítulo se desarrolla en base al artículo siguiente: Lobos, Danny, Donath, Dirk. Top down and bottom up. Using BIM to merge these two design strategies. Congreso SiGraDI. Grafica Digital, Integración y desarrollo. La Habana. Diciembre 2008.

aplicación), introducir las condiciones del proyecto (lugar, uso, objetivos y costes, datos de habitaciones como tamaño, relaciones), esquema de diseño (distribución manual), visualización 3D y finalmente una evaluación. Realmente no genera soluciones, sino que funciona como un asistente de diseño que evalúa las soluciones.

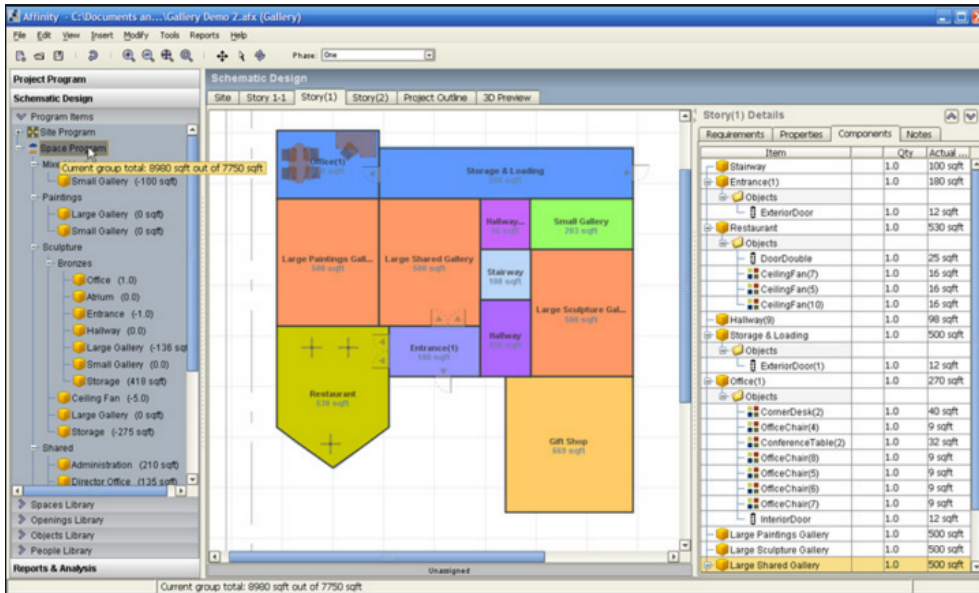
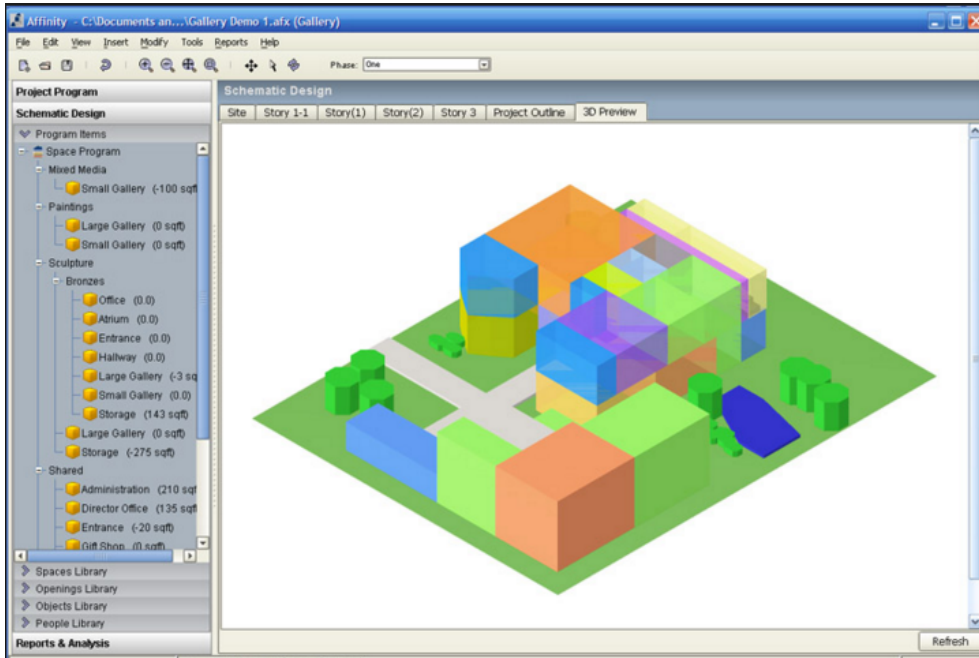


Fig. I.2.48. Interfase de Affinity 5.0.

4- Onuma Planing Systems (ONUMA, Inc., 2009)

Ofrece una forma de trabajo vía Web y permite que diferentes equipos estén conectados y diseñen de forma colaborativa. Se comienza desde una página de EXEL, con datos de habitaciones, niveles, tamaños, etc. Como resultado muestra las habitaciones por niveles en orden una tras otra. Luego debes moverlas manualmente para crear la disposición. En definitiva no crea distribuciones en planta. Funciona como gestor de información entre diferentes equipos.

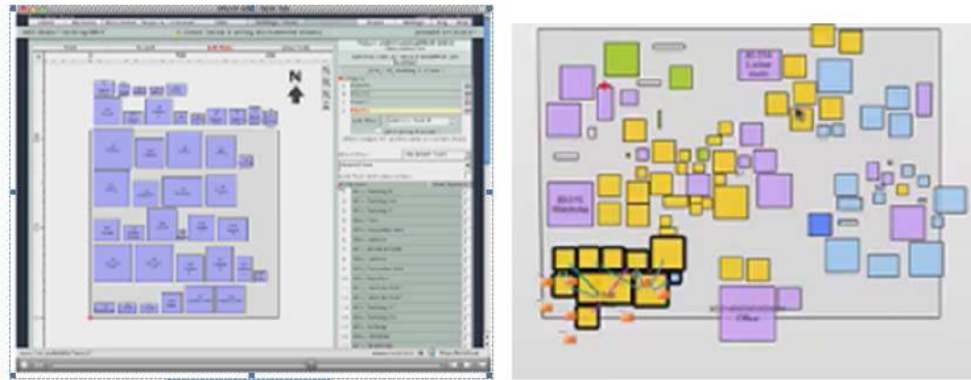


Fig.I.2.49. Interfase de Onuma Planning System 2009.

Reflexiones sobre estas aplicaciones:

Podríamos determinar las posibles fases de un método/aplicación de este tipo en las siguientes fases de desarrollo:

- 1.- Gestión de la Información Inicial. Parcela, Programa, etc. Visualización ordenada y jerarquizada de esta información.
- 2.- Generación de Programas de Necesidades ordenados y clasificados por plantas, usos, tipos, etc. Descripción de habitaciones (tamaños, relaciones). Visualización ordenada y jerarquizada de esta información mediante tablas, esquemas de conjuntos, etc.
- 3.- Generación de Esquemas de distribución. Uniendo los espacios de Programas mediante diagramas de flujos, organigramas funcionales. Visualización a nivel esquema.
- 4.- Generación de Disposiciones de Arquitectónicas Topológicas. Desarrollan esquemas colocando habitaciones según cercanía o distancia, según flujos. No atienden a una parcela-contorno. En cierto modo esquemas adimensionales.
- 5.- Generación de Distribuciones completas en planta sobre una parcela con un límite determinado.

De las aplicaciones analizadas solo Alberti genera una distribución en Planta, pero con fallos evidentes en la misma. Vectorworks y Affinity se quedan en el paso 3 y 4. Onuma se queda en el paso 2. Todos funcionan como Gestores de Información, algunos nos ayudan a ordenarla y jerarquizarla, pero el paso 5 que es el fin último no se ha conseguido satisfactoriamente.

Todos ellos están más cerca de la Tecnología BIM que de la Inteligencia Artificial en su concepción y su Objetivo.

I.3.- LA INFORMÁTICA EN LA ARQUITECTURA. APLICACIONES SOFTWARE ACTUALES DE AYUDA A LA PROYECTACIÓN.



Fig. I.3.1. Estudio de arquitectura de los años 40. Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Architectural_firm

1.3.1. PANORAMA ACTUAL DE LAS APLICACIONES PARA LA AYUDA A LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.

Actualmente los estudios de arquitectura disponen de infinidad de aplicaciones informáticas para desarrollar su trabajo. Cualquier área de la arquitectura, no sólo la que abarca el ámbito de la proyectación, dispone de sus múltiples herramientas. En la actual “era digital”, prácticamente cambia el panorama y la forma de observar el mundo y las relaciones sociales año a año. Todo lo digital se multiplica y nos invade. El problema ahora no es “tener” sino “gestionar”. Datos sobre cualquier asunto hay millones disponibles, fotos de cualquier noticia te llegan antes de que lo publiquen los medios. En las aplicaciones informáticas ocurre lo mismo. Con la generalización de los smartphones hay apps que realizan casi cualquier cosa y muchos son gratuitos.

En arquitectura sucede lo mismo, para cualquier tarea hay una Aplicación Informática, esto implica un programa o programas de cálculo para las Instalaciones (cada tipo), estructuras (metálicas, hormigón, madera, rehabilitación), para cada normativa, cada Marca comercial de Material, etc. A su vez cada desarrollador de software intenta implantar su formato sobre el resto, se generan actualizaciones cada año, en las que prácticamente solo cambia la visualización. Este es el panorama de las herramientas específicas de arquitectura.

Para herramientas generales como procesadores de texto, programa de retoque fotográfico, conversores de formatos, generadores de PDF, etc. Ocurre exactamente igual. A esta larga lista hay que añadir también los diferentes sistemas operativos, buscadores, actualizaciones, antivirus, etc. Podemos decir, sin temor a exagerar, que en un estudio de arquitectura se utilizan al menos 30 aplicaciones informáticas y en relación a la proyectación arquitectónica de forma general unas 10:

- Aplicación de Dibujo.
- Aplicación de 3d.
- Aplicación de Render.
- Aplicación de retoque fotográfico
- Aplicación de Mediciones y Presupuestos.
- Aplicación de Generación de Memorias, Pliegos, Estudios de S.S., etc...
- Aplicación de Cálculo de Estructuras.
- Aplicación de Cálculo de Instalaciones.
- Aplicación de Procesado de Textos.
- Aplicación de Procesado de PDF y firma Digital

En mayor o menor medida todas estas herramientas se utilizan para generar el Proyecto Completo ya sea en su formato Tradicional en “Papel” ya sea “Digital”, que a fin de cuentas son absolutamente lo mismo, unas impresas en papel, otras impresas en PDF (*Portable Document File*), la única diferencia real es la Firma del Proyectista. La firma Digital o Certificado Digital es una clave numérica que demuestra su autoría. En ambos formatos es imprescindible garantizar la inviolabilidad del documento y su autoría.

En cualquier caso la elección de un formato u otro dependerá del usuario del proyecto. Para solicitar licencia Municipal, el formato Digital es perfectamente válido sino óptimo, para la ejecución de la obra una copia en papel es más efectiva.

Básicamente y atendiendo a los tipos de datos se generan tres tipos de documentos:

-Planos. Documentos de Dibujo.

-Memorias. Documentos de Texto.

-Medición y Presupuestos. Documentos de Tablas.

Los tres formatos describen el proyecto desde su perspectiva y la conjunción de los tres da la visión Global. Pero los Documentos de Planos digamos que son los documentos “Madre” a partir del que se generan el resto. Los Planos definen el proyecto perfectamente para poder ejecutarlo, construir el edificio, el documento de Memorias, realiza la Justificación del cumplimiento de todas las normativas, se anexan cálculos, se explican diferentes aspectos, ideas, se aportan los datos de los participantes, etc. Por último la Medición y Presupuesto aporta la descripción de las mediciones, su coste y el presupuesto total de la obra.

La integridad formal de los todos los documentos es una medida de su calidad. Cualquier elemento del proyecto debe estar presentado en todos los documentos fielmente y si tenemos en cuenta que hemos utilizado 10 aplicaciones informáticas diferentes y no conectadas la gestión de toda esta información sea bastante complicada.

La reflexión sobre si las aplicaciones informáticas son herramientas adecuadas en la génesis del proyecto es el problema fundamental que subyace en muchas discusiones sobre si las máquinas únicamente sirven como herramientas para dibujar o son elementos útiles en el proceso de diseño. Las diferentes tecnologías que han ido apareciendo en la historia de la arquitectura en la mejora de la proyectación, básicamente han sido ayudas a la productividad, ayudas a la complejización y multiplicación de documentos, pero no ayudas a la creatividad y reflexión arquitectónica, aunque indirectamente han producido nuevas “formas de hacer”. Con esto quiero decir que para el “arquitecto Jefe” no le ha cambiado significativamente la irrupción de los ordenadores, le dan un problema, unas circunstancias, tiene unas intuiciones, las dibuja rápidamente a modo de boceto, las discute con sus colaboradores, realiza diagramas, ordena por tipos, por opciones, dibuja con más precisión, vuelve a discutir, fabrican esbozos de maquetas, se reúnen con el cliente, vuelven a reflexionar, etc., cada vez con mayor precisión, se adjuntan cálculos, se habla con ingenieros que aportan más datos, etc.

Este proceso creativo-reflexivo no ha cambiado en 2000 años, las herramientas de dibujo sí, del plano en papiro, al pergamino, al papel con tiralíneas, con un “rotring”. Prácticamente el mismo proceso, cada vez más fino. Luego llegó la fotocopiadora y el “copia-pega” analógico. Se produce una gran mejora de la productividad y democratización del proyecto, no así en el proceso creativo.

1.3.2. ANTECEDENTES: INICIOS DEL CAD Y SU DESARROLLO HASTA LA ACTUALIDAD.

Sobre la historia del CAD, del cual existe amplia bibliografía, se narran a continuación los momentos más relevantes desde sus orígenes hasta la situación actual.²⁵

En 1962 Ivan Sutherland escribió en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) el primer programa de computador capaz de dibujar una línea en una pantalla de rayos catódicos. Había nacido el Cad o “*Computer Aided Design*”. Desarrolla el sistema Sketchpad: “*A Man-machine Graphical Communications System*” establece las bases de los gráficos interactivos por ordenador tal y como hoy se conocen. Se utilizaban un teclado y un lápiz óptico para seleccionar, situar y dibujar, conjuntamente con una imagen representada en la pantalla.

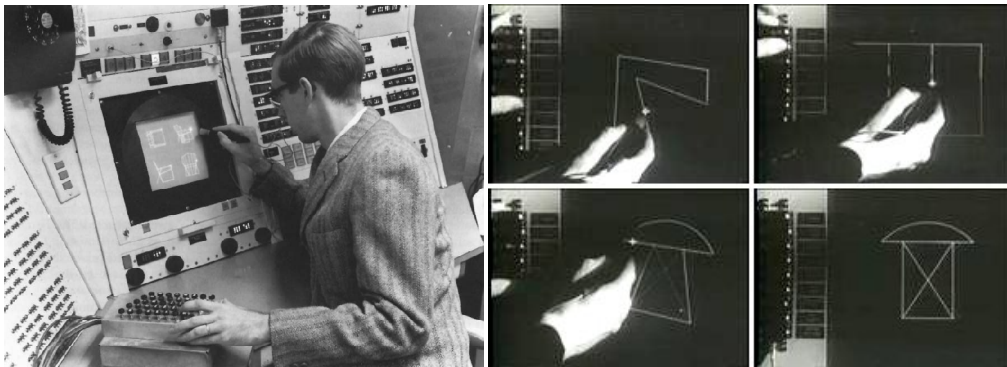


Fig. 1.3.2. Ivan Sutherland y su programa Sketchpad. Fuente: en.wikipedia.org/wiki/File:Sketchpad-Apple.jpg

A lo largo de los años 60 y 70 se produce la expansión y desarrollo comercial. Desde el ámbito de la investigación en las Universidades se desarrollan nuevos programas gráficos. En 1982 se funda Autodesk con la idea de producir un programa CAD para PC de precio asequible. A finales de año, en Las Vegas, se presenta el primer AutoCAD. A lo largo de la década de los noventa se produce su expansión global, con nuevas versiones mejoradas AutoCAD (versión 12) y MicroStation (versión 95) sobre Windows.

Llega el ordenador a los despachos de arquitectura en los 90, comienza a extenderse su uso. No se producen cambios en la manera de proyectar, en lugar de dibujar a mano, se dibuja en un tablero virtual, pero prácticamente igual que a mano, las órdenes son “línea”, “paralela”,

²⁵Sutherland, Ivan Edward. *Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System*. Lexington, Mass Massachusetts Institute of Technology, Lincoln Laboratory, 1965. Wikipedia. *Historia del diseño asistido por computadora*.

En web https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_diseño_asistido_por_computadora

“perpendicular”, hemos trasladado la escuadra y cartabón a la pantalla. Mismo proceso, gran mejora de la rapidez, la reproductibilidad, no así de la creatividad.

El arquitecto ve los resultados que el uso de la informática puede ofrecerle (planos, imágenes, videos...). Sin embargo desconoce los recursos necesarios para conseguir estos resultados: automatización de procesos, adecuación al modo de trabajo del programa utilizado, integración de datos...

Como describen los autores Sainz y Valderrama en su libro *Infografía y Arquitectura*,²⁶ las primeras aplicaciones del computador en la arquitectura no pertenecieron al campo gráfico. Se centraban en la solución de problemas de tipo compositivo a partir de la potencia de cálculo del computador. Para estos dos autores casi todos los arquitectos consideran adecuado utilizar el computador para labores pesadas y repetitivas que en muchas ocasiones son realizadas por otros técnicos (memorias, pliegos de condiciones, presupuestos, cálculo de estructuras e instalaciones). Pero son pocos los que ven con entusiasmo la posibilidad de concebir y diseñar sus proyectos desde el primer momento delante de una pantalla, en lugar de hacerlo ante su tablero de dibujo.

Cuando aparece la posibilidad de crear y manipular objetos en tres dimensiones, se usa el CAD en 2D para los planos y se reserva el *modelo digital 3D* para las presentaciones de perspectivas. Más tarde el CAD en 3D evoluciona al diseño paramétrico, con el que se diseña en 3D según la idea del *modelo integrado del proyecto*.

El uso extensivo de las redes locales (intranets) y la red global (internet) da pie a poder descentralizar la redacción de los proyectos. En esta fase se trabaja de manera corporativa usando un CAD en 3D, con un modelo integrado del proyecto a través de la red, desde varias oficinas. Su éxito ha sido total, ya no existe la delineación a mano. La influencia en la Creatividad Arquitectónica es más dudosa. En la productividad de un estudio es evidente junto con la fotocopidora ha creado un tándem fatal denominado “*maquina churrera*” por algún compañero arquitecto, tanto por la capacidad de crear proyectos en serie, como por la calidad de los mismos.

A partir de los planos del Proyecto generamos el resto de documentos, memorias de cumplimiento de normativas, memorias de cálculo de instalaciones, memorias de cálculo de estructuras, memorias y planos de seguridad y salud, memorias y planos de gestión de residuos, memorias y cálculo de eficiencia energética. De algunos de estos cálculos deducimos que hay que realizar alguna modificación respecto a lo proyectado, introducimos algún nuevo espacio, definimos algún nuevo material. Por último, medimos y presupuestamos. Cada uno de estos cálculos, memorias, etc. con una aplicación Informática distinta. Coordinar todos los documentos generados requiere una gran planificación, orden y sistematización. Teniendo en cuenta a su vez, que cada parte puede estar realizada por personas distintas y especializadas

²⁶Jorge Sainz y Fernando Valderrama. *Infografía y arquitectura: dibujo y proyecto asistidos por ordenador*. Nerea, Madrid, 1992.

del estudio. Desde esta perspectiva, se puede decir que un buen Proyecto es aquel que tiene Integridad Formal entre todos sus documentos.

Esta complejización derivada de la “digitalización” de los proyectos se multiplica, como ya he explicado, por las múltiples aplicaciones, plataformas, actualizaciones, formatos y personas intervienen en el proyecto. A raíz de este problema de “gestión” de datos de la Edificación ha emergido la Tecnología BIM (*Building Information Modeling o modelado de información para la construcción*) como solución a la diversidad de agentes y Aplicaciones. Con la aparición del concepto de BIM se propone la gestión completa del proyecto, la obra y su puesta en uso. Se utilizan varios programas integrados y multidisciplinares para coordinar a los distintos profesionales involucrados tanto en el diseño, en todas sus fases, como en la construcción y en su utilización final de edificios de cualquier tipo y escala.

El BIM surge ya desde 1978 con la Aplicación *SigmaGraphics* como un entorno dedicado a la construcción y Edificación²⁷. Varias aplicaciones trabajan actualmente: AllPlan, Revit, Archicad, ninguna de ellas por ahora compite con AutoCAD, pero parece que este entorno de complejidad de gestión de datos está animando a muchos proyectistas a dar el paso a BIM frente a la tecnología CAD.

Varias son las dificultades de aplicación del BIM en el contexto actual:

1º El BIM se desarrolla mediante un fichero de *intercambio estándar* (.ifc = *Industry Foundation Class*), pero no funciona bien para intercambiar los ficheros entre las diferentes plataformas.

2º No todos los elementos constructivos son modelizables en BIM. (Despieces de Armaduras, cuadro de pilares, etc). Hay que utilizar un programa CAD para generarlos.

3º Las mediciones y Presupuestos generados automáticamente de un modelo BIM tienen deficiencias al faltarle elementos.

4ª Las memorias de proyecto tendrán deficiencias al faltarle documentos.

Por tanto, la pretendida ventaja de gestionar mejor los múltiples datos y plataformas no se consigue y tendremos que seguir utilizando las 10 Aplicaciones convencionales + 1 Aplicación BIM, lo cual lejos de mejorar los procesos, los complejiza.

En la práctica las aplicaciones BIM se utilizan para mejorar la productividad al mostrar el modelo 2D y el 3D con una sola Aplicación, además de ayudas a la generación de mediciones y presupuestos. En un contexto de gran competencia entre los estudios de Arquitectura, ofrecer

²⁷Wikipedia. Modelado de información de construcción. Disponible en web: https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_de_información_de_construcción

Fuentes Giner, Begoña. *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*. Servicios y comunicación LGV. Alcoy. Alicante, 2014.

al cliente, como servicio añadido y sin coste extra, la maqueta e imágenes virtuales del proyecto, ya es una gran ventaja.

Como reflexión sobre el BIM, al igual que el CAD, esta aplicación no supone una ayuda a la creatividad arquitectónica, aunque es evidente que mejora en la productividad, la calidad formal y la visualización del proyecto.

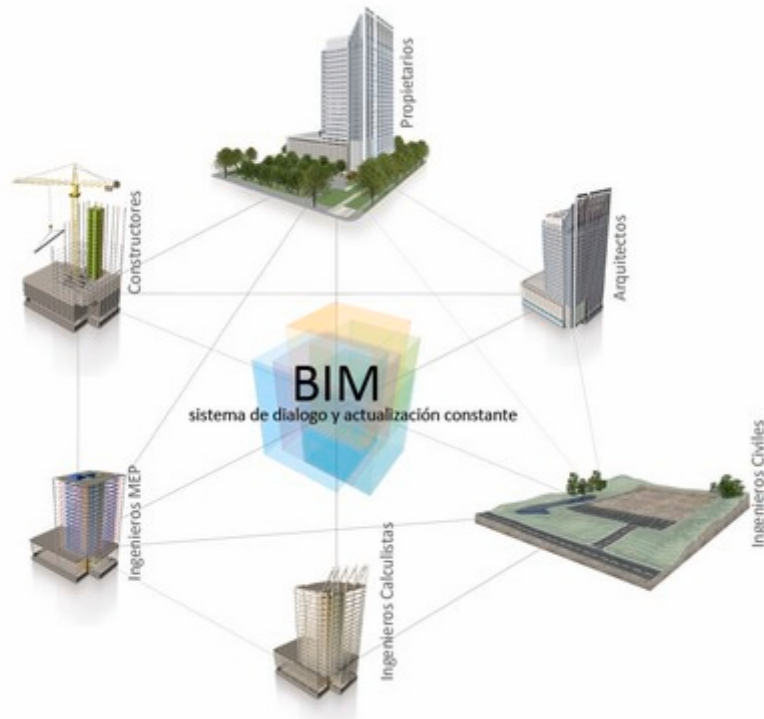


Fig. 1.3.3. Sistema de relaciones entre las distintas partes de un proyecto acorde con BIM.
Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/2009/04/30/sobre-la-b-la-i-y-la-m-enbim-modelado-de-informacion-para-la-edificacion/>

I.4.- METODOS HEURÍSTICOS. ALGORITMOS EVOLUTIVOS. BIOLOGÍA EVOLUTIVA COMO METÁFORA.

“Como de cada especie nacen muchos más individuos de los que pueden sobrevivir, y como, en consecuencia, hay una lucha por la vida, que se repite frecuentemente, se sigue que todo ser, si varía, por débilmente que sea, de algún modo provechoso para él bajo las complejas y a veces variables condiciones de la vida, tendrá mayor probabilidad de sobrevivir y, de ser así, será naturalmente seleccionado. Según el poderoso principio de la herencia, toda variedad seleccionada tenderá a propagar su nueva y modificada forma.”

El origen de las especies. Charles Darwin (1809-1882)

En el presente capítulo se va a describir un breve panorama de los términos matemáticos e informáticos que posteriormente se van manejar en el desarrollo de la Tesis “Método de optimización de la distribución de los espacios arquitectónicos”.

MÉTODO. *Dō* (término japonés para el método o camino). Modo ordenado y sistemático de proceder para llegar a un resultado o fin determinado. En adelante también hablaremos de Algoritmo, para definir un Método Informático.

OPTIMIZACIÓN. De forma general, la optimización incluye el descubrimiento de los "mejores valores" de alguna función objetivo dado un dominio definido, incluyendo una variedad de diferentes tipos de funciones objetivo y diferentes tipos de dominios.

DISTRIBUCIÓN. Acción y efecto de distribuir. **DISTRIBUIR.** Dar algo a su oportuna colocación o destino conveniente. Definición de la Real Academia Española. Diccionario de la lengua española (RAE)

ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS. Es el espacio encerrado entre unos límites, con un uso, función, dimensiones, características y relaciones establecidas dentro del Ámbito de la Arquitectura. Comúnmente denominada, habitación, recinto, cuarto.

Por tanto vamos a desarrollar un “Modo ordenado y sistemático de proceder para obtener la mejor colocación de las habitaciones de un edificio”.

Este Método estará basado en Herramientas Informáticas/Matemáticas que describo a continuación:

- **Algoritmo.** *Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema*, según la RAE. Del griego y latín, *dixit algorithmus* y este a su vez del matemático persa Al-Juarismi, *es un conjunto prescrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generen dudas a quien deba realizar dicha actividad. Dados un estado inicial y una entrada, siguiendo los pasos sucesivos se llega a un estado final y se obtiene una solución. Los algoritmos son el objeto de estudio de la algoritmia*.²⁸

- **Optimización.** *En matemáticas e informática, método para determinar los valores de las variables que intervienen en un proceso o sistema para que el resultado sea el mejor posible*, según la RAE. En optimización matemática (o bien, optimización o programación matemática) es la selección del mejor elemento (con respecto a algún criterio) de un conjunto de elementos disponibles.

En el caso más simple, un problema de optimización consiste en maximizar o minimizar una función real eligiendo sistemáticamente valores de entrada (tomados de un conjunto permitido) y computando el valor de la función. La generalización de la teoría de la

²⁸ Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo>

optimización y técnicas para otras formulaciones comprende un área grande de las matemáticas aplicadas.²⁹

- **Metaheurísticas para Optimización.** Una metaheurística es un método heurístico para resolver un tipo de problema computacional general usando los parámetros dados por el usuario sobre unos procedimientos genéricos y abstractos de una manera que se espera eficiente. Normalmente, estos procedimientos son heurísticos. El nombre combina el prefijo griego "meta" ("más allá", aquí con el sentido de "nivel superior") y "heurístico" (de *εὕρισκειν*, *heuriskein*, "encontrar").³⁰

Las metaheurísticas generalmente se aplican a problemas que no tienen un algoritmo o heurística específica que dé una solución satisfactoria; o bien cuando no es posible implementar ese método óptimo. La mayoría de las metaheurísticas tienen como objetivo los problemas de optimización combinatoria, pero por supuesto, se pueden aplicar a cualquier problema que se pueda reformular en términos heurísticos. Por tanto, una metaheurística es un método heurístico para resolver un tipo de problema computacional general.

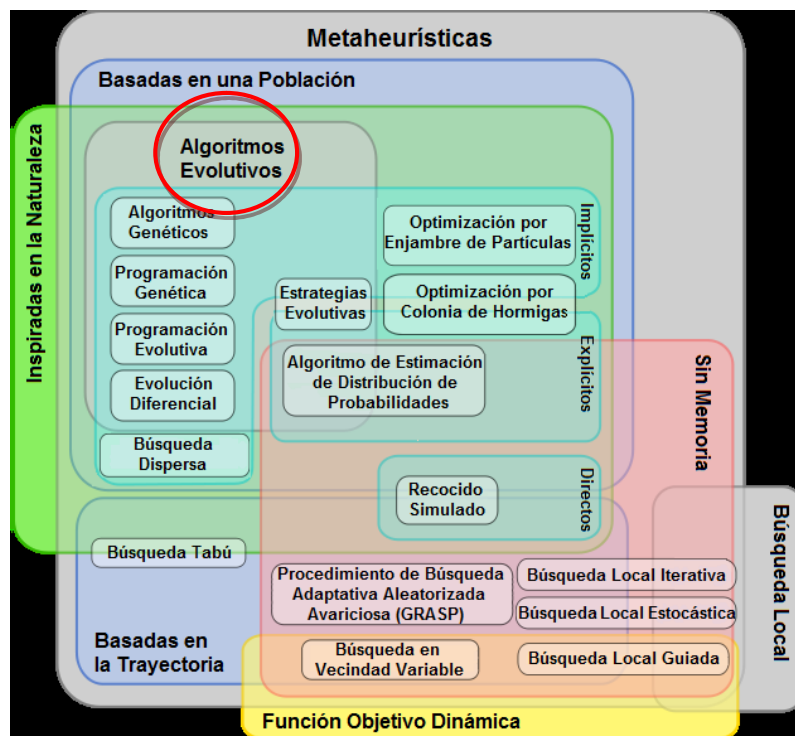


Fig. 1.4.1. Esquema de metaheurísticas.

Este diagrama presenta una manera de clasificar algunas de las Metaheurísticas más conocidas. Un elemento entre dos categorías indica que se puede colocar en una o en la otra según el enfoque. Fuente wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Metaheurística>

²⁹ Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Optimización>

³⁰ Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Metaheurística>

1.4.1. ALGORITMOS EVOLUTIVOS. (AE)

Los Algoritmos Evolutivos (AE) son **métodos de búsqueda global** inspirados en los procesos de evolución de los seres vivos. Son utilizados generalmente para resolver problemas de optimización, pues **buscar soluciones óptimas en un espacio de búsqueda, es optimizar.**

En un AE hay operaciones que se realizan sujetas a probabilidades, constituyen así métodos heurísticos de búsqueda. Entre ellos tenemos los Algoritmos Genéticos (AG), las Estrategias de Evolución, la Programación Genética, Partículas Swarm, Colonia de Hormigas, Evolución Diferencial,...etc.

Los AE surgen a principios de los 60 con la Programación Evolutiva³¹, empleando únicamente el operador mutación. En 1965, Schwefel³² y Rechenberg³³ plantean las bases de las Estrategias Evolutivas. Entre ellos los AG han sido los más aplicados para resolver problemas de optimización en muchas disciplinas de la ciencia e ingeniería³⁴. Fue John Holland³⁵, quien puso en escena internacional a los AG incorporando a su vez la recombinación o cruce genético para generar diversidad de nuevas soluciones candidatas a ser las óptimas en el símil de obtención de descendientes

Desde que surgieron los primeros AE, transcurrió aproximadamente el tiempo de una generación humana para su aceptación y utilización en resolver problemas de optimización. Esto sucedió finalmente debido a las limitaciones o incapacidades de los métodos tradicionales de optimización en la resolución de problemas de optimización global y complejos del mundo real.

Los AE, como algoritmos de búsqueda, requieren como información la función objetivo a maximizar o minimizar, y los requerimientos que las variables de decisión han de satisfacer (ecuaciones de restricciones). Ambos ítems la función objetivo y las restricciones, se

³¹Fogel LJ, Owens AJ, Walsh MJ. *Artificial Intelligence through Simulated Evolution*. John Wiley and Sons, Chichester, UK. 1966.

³²Schwefel, HP. *Numerische Optimierung von Computer-Modellen mittels der Evolutionsstrategie*. Interdisciplinary systems resBirkhaeuser , 1977.

³³Rechenberg I. *Evolutionsstrategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution*. Frommann-Holzboog. Verlag.1973

³⁴Goldberg, DE. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. First Edition. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA, 1989.

³⁵ Holland JH. Genetic algorithms and the optimal allocations of trials. *Siam Journal on Computing* – SIAMCOMP. 1973, Vol.2-2. p.88-105. (DOI: 10.1137/0202009)

engloban en la denominada función aptitud, función en la cual son evaluadas cuantitativamente las soluciones candidatas a ser las óptimas.

Las soluciones candidatas deben estar representadas bajo una “codificación adecuada”, a fin de ser evaluadas en la función de aptitud. En esta tesis doctoral este ítem es de especial relevancia, pues no es obvio cuales pueden ser las mejores o más adecuadas codificaciones para el problema complejo que se afronta.

Dado un problema específico a resolver, primera entrada en un AE es un conjunto de candidatas que constituye la población inicial de elementos o puntos en el interior del espacio de búsqueda, usualmente generada aleatoriamente.

El contexto operativo o funcional de los AE es el marco de una dinámica de poblaciones, evolucionando en el tiempo una población de tamaño fijo, dando lugar sucesivamente a nuevas generaciones a lo largo de las iteraciones del algoritmo.

Aquí radica una gran diferencia cualitativa entre los Algoritmos Evolutivos (AEs) y métodos deterministas, basados generalmente en el seguimiento de una dirección determinada en el proceso de optimización, en general no asegurando que la solución final obtenida sea la óptima global, puede que converja a un óptimo local, en muchas ocasiones sin saberlo a ciencia cierta. La convergencia de los AE no está vinculada a requisitos de continuidad, diferenciabilidad, convexidad, linealidad, etc. De ahí, en gran parte de la gran potencialidad de los mismos

Los **algoritmos de búsqueda evolutiva** son hoy en día métodos, en cierto modo idóneos, para la resolución de problemas de optimización, ya que sus principales características son: la simplicidad de los métodos, la robustez, la flexibilidad y la habilidad de auto adaptación en el proceso de búsqueda.

Sin embargo, a pesar de las importantes capacidades que poseen, estos métodos no reemplazan totalmente a otros, siendo muy usual, por eficiente, considerar estrategias o técnicas híbridas que combinan y utilizan cooperativamente los AE con métodos de optimización local. Entre otras ventajas tenemos la de disminuir el tiempo total de computación, es decir, en la línea de considerar lo más efectivo de cada método, sean estos heurísticos o deterministas.

1.4.2. LA EVOLUCIÓN COMO METÁFORA PARA RESOLVER PROBLEMAS DE OPTIMIZACIÓN.

Los Algoritmos Evolutivos, en un cierto nivel cualitativo, están inspirados en mecanismos asociados a ciertas propiedades de los sistemas biológicos tales como:

- la competición entre seres vivos por los recursos limitados del entorno en que convive, dando lugar a que sobreviven o permanecen más en el tiempo (con más probabilidad de generar descendencia) los seres o individuos más adaptados a su entorno natural.

- la capacidad de auto-replicación de los ácidos nucleicos transmitiendo información genética entre generaciones

-la recombinación y mutación aumentando la diversidad.

Es de destacar que comparar la evaluación de la función aptitud de cada elemento de la población es una similitud con medir la adaptación de dicho elemento o individuo al medio natural.

Antes de detallar más, a modo de pequeño resumen, describimos el vocabulario habitualmente empleado en este campo:

Individuo: es una posible solución (generalmente un vector de variables de decisión) al problema en estudio. Cada individuo está formado por un conjunto de variables definidas en el problema. Indistintamente se denominan individuos o cromosomas, son puntos del espacio de búsqueda.

Población: conjunto de individuos (candidatas a ser la mejor solución).

Generación: es la población en una determinada iteración del algoritmo.

Los Algoritmos Evolutivos tienen una estructura algorítmica iterativa, donde hay un símil entre tiempo e iteración.

Las operaciones matemáticas utilizadas en los AE son sólo las necesarias para evaluar la función aptitud y las básicas envueltas en los operadores del método que guían la búsqueda. Estos operadores se pueden clasificar, atendiendo a su forma de actuar, en las siguientes clases:

- Operadores que actúan localmente sobre las soluciones candidatas, en el sentido de modificarlas individualmente, transformando éstas en “vecinas” , en otras relativamente próximas,(caso de ser elegidas a ser mutadas en la iteración en cuestión), es decir, operadores que tienen una actuación de diversidad muy localizada dentro del espacio de búsqueda, generan sobre una candidata a ser solución, una nueva candidata relativamente próxima en el espacio de búsqueda del óptimo: son los operadores de mutación.
- Operadores que buscan en nuevas regiones del espacio de búsqueda dando lugar a una más amplia exploración del mismo: operadores de cruce, que a partir de dos soluciones candidatas se generan otras dos distintos a los anteriores por

recombinación de las mismas, que serán mejores o peores que las soluciones candidatas progenitoras, por tanto se crea diversidad en todo el espacio de búsqueda con la utilización de los operadores de cruce o recombinación genética.

- Operadores de selección que determinan mayor aceptación o rechazo de los individuos basándose en su aptitud o evaluación de la función de aptitud. Los operadores de selección confinan el área de búsqueda, dando más probabilidad (chance) a las mejores potenciales soluciones a permanecer y a ser cruzados para generar descendencia. Una forma de dar ese más chance es creando copias, siendo el número de copias mayor en función de su mejor aptitud (mejor evaluación en la función aptitud) respecto a la media (en tipo de selección denominada selección proporcional), o bien de forma implícita en la selección por torneo, de modo que ganadores de un torneo, pueden competir en sucesivos torneos de selección dentro de una misma iteración o ciclo evolutivo.

El proceso genérico llevado a cabo por un Algoritmo Genético es el siguiente:

- Crear la población inicial (P) de individuos
- Evaluar la función objetivo para la población inicial (P);
- Mientras (NO condición de terminación)
 - {
 - P1 = seleccionar probabilísticamente individuos mejores
 - P2 = cruzar probabilísticamente (P1)
 - P3 = mutar probabilísticamente algunos individuos (P2)
 - Evaluar los nuevos individuos obtenidos (P3);
 - P4 = nueva población (P, P3);
 - P = P4;
 - Verificar condición de terminación;
 - }

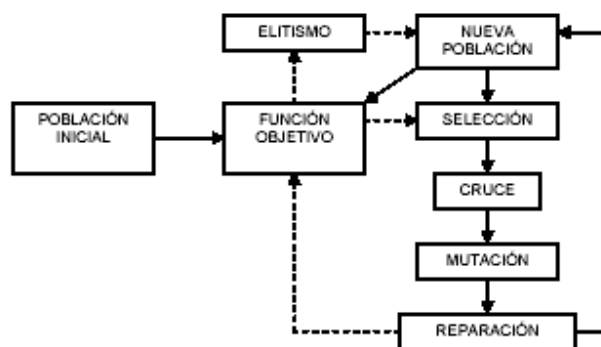
Los elementos de la población inicial se generan en general aleatoriamente dentro del espacio de búsqueda. El algoritmo converge al óptimo sin necesidad de ayuda determinista alguna en crear la población inicial.

No todos los elementos de la población mejoran de una iteración a otra en la ejecución de un algoritmo evolutivo, incluso en algunas iteraciones puede que muchos elementos sufran cambios a peor. Ahora bien, en media, (suma del valor de la función objetivo de todos los elementos de la población dividido por el número total de individuos de la población) cada generación generalmente es mejor que la anterior.

Es útil la utilización de estrategias (estrategias elitistas) de asegurar que el mejor individuo o bien un porcentaje de los mejores, por ejemplo muy usual el 5% o el 10%, se conserve

de una generación a otra, pues puede ocurrir por ejemplo en ocasiones que el mejor individuo genere una descendencia peor a él mismo, o bien que sufra una mutación desfavorable y cambie a transformarse en un individuo que evaluado en la función aptitud sea de peor calidad.

No obstante determinados teoremas de convergencia de los algoritmos evolutivos, nos indican que aunque no tengamos la precaución de usar elitismo (conservación del mejor o porcentaje de los mejores de una generación a otra), después de un número finito de iteraciones el mejor individuo en una iteración es mejorado con probabilidad uno (seguridad del 100% de ocurrir) en un número finito de iteraciones posteriores por emerger (a resulta de selecciones, cruces y mutaciones) otros nuevos mejores individuos.



1.4.3. ALGORITMOS GENETICOS EN ARQUITECTURA

Mientras que otras disciplinas han adoptado métodos computacionales basados en los principios de la biología evolutiva, los procesos de diseño evolutivo en arquitectura no han sido prácticamente aplicados. Uno de los principales problemas en la arquitectura hoy en día es la cantidad de información y el nivel de complejidad en la mayoría de las construcciones de los proyectos.

Los algoritmos genéticos ofrecen una solución efectiva a este problema mediante la solución de optimización y problemas de búsqueda, que opera sobre una población de posibles soluciones. Hoy en día los AGs en la arquitectura operan de dos maneras: como herramientas de optimización y como herramientas de generación de formas. En la primera forma los AGs abordan problemas específicos de la edificación, tales como estructurales, mecánicas, térmicas y de iluminación.

I.5.- ANALOGÍA LENGUAJE BIOLÓGICO CON LENGUAJE ARQUITECTÓNICO.

“Desde un cierto punto de vista, la arquitectura y sus detalles son biología” Alvar Aalto.

En Aalto, Alvar. La Humanización de la Arquitectura. Tusquets Editor. Serie de Arquitectura y Diseño dirigida por Xavier Sust, volumen 9. Barcelona, 1977

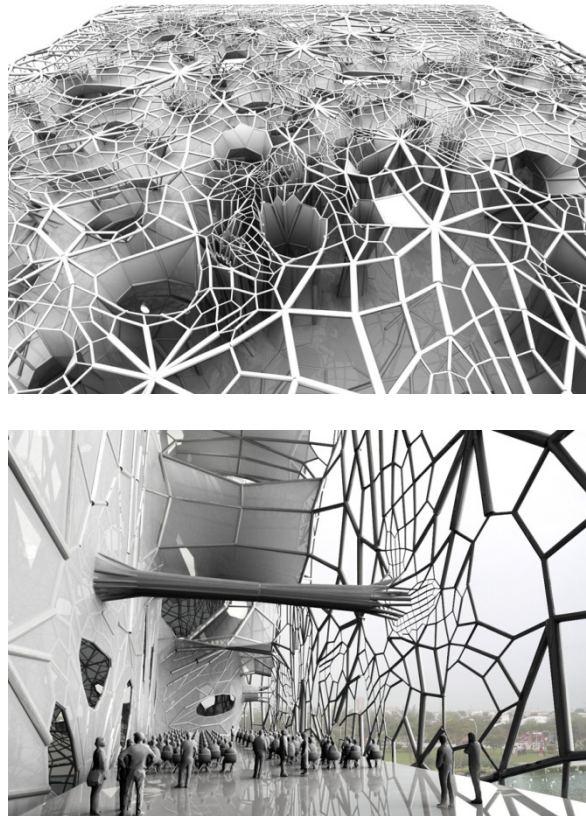


Fig.1.5.1. Fuente: Faulders Studio: GEOTUBE TOWER, Dubai, UAE_2009. En: <http://faulders-studio.com/GEOTUBE-TOWER>

Comunicación: “Se han descubierto indicios de vida en el 3er planeta del Sistema Solar. Restos fósiles en fibras vegetales. Se observa algo parecido a estructuras celulares poligonales que se relacionan unas con otras y forman individuos. Se observan de diferentes tamaños. Necesitan del contacto con el aire y el sol para vivir, tienen un sistema de circulación y los tipos celulares se repiten en diferentes individuos”.

Nota del autor.

Durante la investigación se utilizan con frecuencia términos biológicos para traducir el Lenguaje Arquitectónico al lenguaje Matemático. Por tanto, el lenguaje del Método en sí toma los términos de la Biología. La comparación de la obra arquitectónica con un organismo constituye una de las ideas que se repite con más insistencia a lo largo de la historia.

Biología. (Del griego *bíos*, vida y *-logía*, tratado, estudio, ciencia), según el diccionario de la RAE, es la “*ciencia que trata de los seres vivos considerando su estructura, funcionamiento, evolución, distribución y relaciones*”

Se ocupa por tanto de la descripción de las características y comportamientos de los organismos individuales, como de las especies en su conjunto. De este modo, trata de estudiar la estructura y la dinámica funcional comunes a todos los seres vivos, con el fin de establecer las leyes generales que rigen la vida orgánica y los principios explicativos fundamentales de ésta.

1.5.1. LA PLANTA ARQUITECTÓNICA COMO SER VIVO.

Si la planta arquitectónica fuera un ser vivo, la Biología se encargaría de su estudio y bajo este prisma los términos como célula, Cromosoma, Órgano, Hábitat, Evolución, Supervivencia del más Válido, etc. se aplicarían a ella.

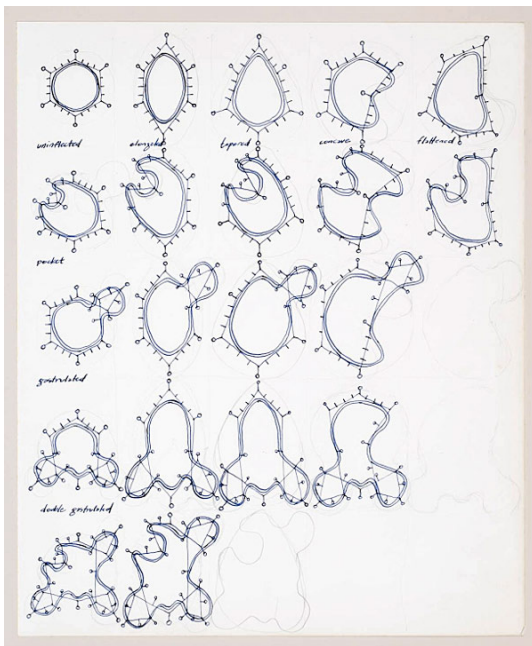


Fig.1.5.1. Greg Lynn, *Embryological House*. 1998.

¿Por qué hablar de la Distribución Arquitectónica desde esta perspectiva Biológica? Cuando empecé a trabajar con las habitaciones, sus formas, funciones y relaciones, su plasticidad me sugirió la célula, la célula madre cuando todavía no tiene definida su función. La primera forma de vida para la vivienda surgió como “la cabaña primitiva” digamos el primer organismo unicelular. Cuando varias células colaboran para sobrevivir crean los individuos pluricelulares, como una vivienda con varias habitaciones con diferentes funciones. Creando Individuos cada vez más complejos.

La noción de individuo o unidad encaja bien con el concepto de organismo que ofrece la naturaleza: un ser vivo con cierto grado de autonomía integrado por partes y sistemas que trabajan coordinadamente para un fin único y adaptado a un medio determinado. Así, la metáfora biológica constituye una línea de actuación de la arquitectura. Son numerosos los autores que se refieren, por tanto, a la obra en términos casi biológicos. Tal es el caso de las obras que en los años cincuenta se encuadraron bajo el lema "Arquitectura Orgánica" (de Wright a Aalto) La naturaleza ofrece el ejemplo de intensidad de relación interna más consistente, dado que la relación biológica se sitúa por encima de lo formal y afecta a la estructura profunda del organismo, a sus relaciones funcionales, mecánicas, constructivas....

La concepción orgánica de la arquitectura introduce además la idea de crecimiento. La obra se comporta como un organismo vivo y como tal es adaptativa y susceptible de cambiar, evolucionar y crecer.

Utilizar Algoritmos Evolutivos para problemas de tan alta complejidad por el número de variables, también me sugirió la competición entre plantas de arquitectura para hallar la distribución óptima. Es decir, no se van a emplear Métodos Deterministas para encontrar el Óptimo. Se va a considerar que vamos a poner a competir a todas las plantas posibles entre ellas, la mejor de un grupo sobrevive y transmite la información a la siguiente generación. Como todo arquitecto sabe la cantidad de plantas posibles es casi infinita, por tanto vamos a coger individuos al azar y ponerlos a competir, en esto consiste la aplicación de algoritmos evolutivos a la distribución en Planta.

La biología no sólo ofrece un comportamiento eficaz, lo natural se convierte en un ideal en cuanto ejemplo de unidad y orden. La idea de organismo distancia a la arquitectura de su condición de abstracta y la liga a las contingencias del lugar y del programa. La forma orgánica es vista como símbolo unitario e integrador de sistemas, no sujeto a formalizaciones estrictas. Esta condición constituye, posiblemente, su mayor atractivo.

Terminología y Analogía aplicada al Método.

Célula.- Unidad mínima de Distribución. Habitación. Polígono

Órgano.- Conjunto de células que desarrollan una función. Unidad Funcional. Conjunto de Polígonos.

Individuo.- La totalidad de las células que conforman un edificio. Edificio en Planta.

Individuo Válido.- Cumple con las condiciones de Programa.

Individuo óptimo.- El individuo que consigue el mejor resultado en la evaluación.

Sistema Respiratorio.- El conjunto de células que conforman los espacios libres.

Sistema Circulatorio.- El conjunto de células que conforman los espacios de circulación.

Hábitat.- La parcela y por extensión su perímetro contorno en todos los niveles.

Población.- Conjunto de Individuos que conforman las diferentes posibilidades a optimizar. Espacio de Búsqueda.

Evolución.- Competición de los diferentes Individuos para alcanzar el óptimo a lo largo de diferentes generaciones.

Supervivencia.- Un individuo al mutar o cruzarse con otro si cumple las condiciones sobrevive, si además es uno de los óptimos transmite su información.

I.6.- NORMATIVAS APLICADAS A LA EDIFICACIÓN Y URBANISMO

Esta es mi parcela, la heredé de mi padre y este de mi abuelo y yo construyo aquí lo que quiera. -- Comenta el Cliente.

Vamos a ver, según la Normativa Urbanística aquí solo se pueden construir 200 m² y en dos plantas como máximo. No le caben 5 dormitorios y el garaje en sótano está prohibido. — Arquitecto.

Como le dije ayer tiene la obligación de colocar un patio para ventilar los dormitorios, lo establece el Reglamento de Habitabilidad, ni aunque sea la habitación del servicio, esta tiene que tener ventanas. – Arquitecto.

Y como sugerencia, no está bien que al baño se acceda desde la cocina. –Arquitecto.

Bueno, pues adiós, voy a buscar otro arquitecto que haga lo que a mí me gusta. –Cliente.

Nota del autor.

I.6.1.-INTERESES SOCIALES FRENTE INTERESES INDIVIDUALES.

En este capítulo vamos a dar una visión general de las Normativas que se van a aplicar en la Distribución Arquitectónica. Como veremos más adelante en el desarrollo de la Tesis, a partir de unos requerimientos espaciales obtendremos una solución Óptima.

Los Requerimientos iniciales los voy a diferenciar luego al desarrollar el método y introducirlos en Requerimientos Normativos y Requerimientos del Promotor. Con estos dos conjuntos de datos conformamos el Problema a Optimizar.

He denominado este apartado de Intereses Sociales frente a Intereses Individuales, porque normalmente no son los mismos. El Promotor siempre intentará edificar lo máximo que la técnica y su capacidad económica le permita, y la Normativa le restringirá para que beneficie a toda la sociedad, limitando los máximos edificables y exigiendo unos mínimos de calidad.

Norma: uso y costumbre.

La acepción más inmediata del término 'norma' lo define como la regla a seguir o a la que se debe ajustar una actividad, tarea o conducta determinada. Asimismo, la norma como precepto jurídico tiene que ver con la urbanidad –del latín *urbanitas*, cortesía, buen trato, y *urbs*, ciudad- en el sentido de convivencia pacífica entre los individuos de la ciudad. Las normas son así el conjunto de estándares convencionales –derivados de una convención- de una serie de individuos agrupados en sociedad.

Esta idea de regulación basada en el bien colectivo es la base de la norma como derecho público frente al interés privado. Esto es, establece los límites de las libertades individuales frente al interés de la comunidad. La norma se entiende así como una conquista social y como tal es un factor de muestra del desarrollo de una sociedad, al condicionar los derechos de actuación de sus individuos al interés del grupo. Es decir, esta acepción jurídica de la norma conlleva un bienestar colectivo que implica un avance social, al igual que una democratización desde unos límites en forma de máximos ó mínimos normativos.

“La función social de la norma, reguladora de lo colectivo, debe reflejarse en la normativa como conjunto de normas, que es instrumento de sistematización de reglas presentes en un determinado ámbito. La aplicación de reglas sería así la normalización de un sistema de relaciones, donde cada elemento forma parte de una entidad global reguladora de orden superior.

Por tanto, la característica fundamental de cualquier sistema de normas sería la de establecer patrones de actuación con una condición jerárquica que incorpore un orden determinado y

establezca prioridades, así como el acotamiento de los límites que acojan fundamentalmente la excepción.”³⁶

Normalizar la edificación.

La idea de normalizar y legislar los procesos que afectan a la creación de alojamientos y la construcción de la ciudad es tan antigua como la civilización humana. El urbanismo de la antigua Roma ya desarrollo regulaciones en las condiciones de los edificios y sus relaciones de forma o posición en la planificación racional de la polis. La ley del Emperador Zenón (476 D.C.), aunque tardía es la ley Urbanística Romana más completa que se ha transmitido, suponiendo la compilación de múltiples normativas anteriores. Reguló aspectos como la altura máxima permitida y la distancia entre edificios en función de criterios como la protección frente al fuego, las servidumbres de vistas al mar o las condiciones de conservación y reparación de los edificios. Dicha ley sentó las bases de la legislación urbanística posterior y, lo más importante, supuso la institucionalización de la preponderancia del interés público sobre el privado en las relaciones entre individuos de la polis.

Regular la vivienda.

En el caso de la vivienda la normalización de la reglas tiene un doble motivo. Es necesario establecer cuáles son las condiciones mínimas en cantidad y en calidad que garanticen un alojamiento digno. El segundo motivo se desprende del primero, y consiste en poner freno a la voracidad económica de la especulación inmobiliaria.

Regular el espacio donde se desarrollan actividades.

Más allá del caso de la vivienda, para cualquier actividad es necesario establecer las condiciones mínimas del espacio donde se van a desarrollar, para garantizar una vida digna de los usuarios, ya sean trabajadores, ya sean clientes del servicio/actividad que se desarrolle en el mismo

I.6.2.-CLASIFICACIÓN DE LAS NORMATIVAS:

La Edificación y la Construcción son actividades altamente reglamentadas. En este Capítulo vamos a hacer un repaso general de toda normativa la que pueda afectar a la distribución en planta de una edificación. Y la clasificaremos en la medida que va a afectar a las diferentes fases de la Distribución-Optimización.

Esta clasificación se realizará bajo criterios puramente de afección geométrica a las plantas de la Edificación. Diferenciando las que afectan a la forma y superficie de la habitación, es decir,

³⁶ Nieto Fernández, Fernando. *Normalizar la utopía. Un proyecto de sistematización de la normativa en vivienda social*. ETSAM. Universidad Politécnica de Madrid, 2014.

condiciones internas de cada célula según su uso/actividad, las que afectan a la disposición de las habitaciones en una planta, es decir el orden que deben seguir una tras otra para su correcto funcionamiento y el orden relativo dentro de la edificación y por último el espacio de separación entre cada habitación y con el exterior.

1.6.2.1.- NORMATIVAS QUE AFECTAN A LA CALIDAD. MINIMOS REQUERIMIENTOS:

Su función social será establecer unos mínimos de Calidad en la Edificación para que los Intereses Individuales del Promotor no perjudiquen los Intereses Colectivos de los usuarios del Edificio.

A.- NORMATIVAS QUE AFECTAN A LA FORMA Y SUPERFICIE MÍNIMAS DE LAS PIEZAS:

Nos van a proporcionar datos de superficie mínima y formas contenidas de habitaciones, o cualquier agrupación de las mismas. *Condiciones de forma y superficie.*

1.-NORMATIVAS HABITABILIDAD:

Forma y Superficies mínimas de habitaciones en Usos Residenciales.

2.-NORMATIVAS ACCESIBILIDAD:

Forma y Superficies mínimas de espacios de comunicación en cualquier uso.

3.- NORMATIVAS SECTORIALES POR USOS (ESTANDARES TURISTICOS, ETC)

Forma y Superficies mínimas de habitaciones en los usos determinados.

4.- NORMATIVAS URBANÍSTICAS:

Patios mínimos, retranqueos.

5.- CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACIÓN:

-SEGURIDAD ESTRUCTURAL:

-SEGURIDAD CONTRAINCENDIOS: Forma y Superficies de espacios de comunicación.

-SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN: Forma y Superficies de espacios de en relación a diferentes peligros. Caídas, atrapamientos, pendientes.

-SALUBRIDAD: Forma y Superficies en relación a ventilaciones, humedades, etc.

-PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO: ---

-AHORRO DE ENERGÍA. Forma y superficie de la envolvente térmica de una edificación.

B.- NORMATIVAS QUE AFECTAN A LA DISPOSICIÓN DE LAS PIEZAS:

Dentro de un edificio que posición toman las diferentes habitaciones. Estudiaremos las Normativas vistas desde esta perspectiva.

B.1.- RELATIVAS UNAS CON OTRAS. ¿Qué posición toma una habitación con respecto a otra? Que viene antes y que vienen después.Cuál es el orden en una circulación.

1.-NORMATIVAS HABITABILIDAD:

Hay restricciones de contactos entre diferentes habitaciones. Baños y aseos con respecto a espacios públicos, etc.

2.-NORMATIVAS ACCESIBILIDAD:

Disposiciones de orden en los espacios de comunicación en cualquier uso.

3.- NORMATIVAS SECTORIALES POR USOS (ESTANDARES TURISTICOS, ETC)

Disposiciones de orden y contacto en los espacios según usos.

4.- NORMATIVAS URBANÍSTICAS:

Disposiciones de orden y contacto entre edificaciones.

5.- CODIGO TECNICO DE LA EDIFICACIÓN:

-SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS: Disposiciones para evitar la transmisión de incendios.

-SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN: Forma y Superficies de espacios de en relación a diferentes peligros. Caídas, atrapamientos, pendientes.

-PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO: Disposiciones para evitar la transmisión de ruidos y vibraciones.

-AHORRO DE ENERGÍA. Disposiciones para evitar la pérdida/ganancia térmica.

B.2.- ABSOLUTAS DENTRO DEL EDIFICIO. ¿Qué posición toma una habitación dentro del edificio?

Disposiciones Normativas que afectan principalmente a la colocación de las habitaciones en relación a patios y fachadas. Principalmente por requerimientos ineludibles de ventilación, iluminación, acceso físico, seguridad etc.

3.- NORMATIVAS QUE AFECTAN A LA PIEL DE LAS PIEZAS. ¿Qué grosor tiene una tabique/muro entre dos espacios?

Disposiciones Normativas que afectan principalmente a la definición de la Piel de los Espacios. Normalmente legislación constructiva y técnica que definen niveles de confort interior de las estancias ante agresiones externas.

- NORMATIVAS DE CONFORT TÉRMICO.
- NORMATIVAS DE CONFORT ACUSTICO.
- NORMATIVAS SOBRE EMISIÓN DE RADIACIONES.
- NORMATIVAS CONTRAINCENDIOS.
- NORMATIVAS DE SALUBRIDAD.
- NORMATIVAS DE SEGURIDAD.

1.6.2.1.- NORMATIVAS QUE AFECTAN A LA CANTIDAD. MÁXIMOS PERMITIDOS. USOS PERMITIDOS.

Su función social será establecer unos máximos de Cantidad Edificable y de Usos Permitidos para que los Intereses Individuales del Promotor no perjudiquen los Intereses Colectivos de la Ciudad.

NORMATIVAS URBANÍSTICAS: Afectarán a la Edificabilidad y Usos de la Promoción.

I.7.- ECONOMÍA DE LA PROMOCIÓN Y DE LA CONSTRUCCIÓN.

¿Cuánto me va a costar la Obra y los papeles? –Pregunta el Cliente.

Bueno, en números gordos, dado que usted quiere una vivienda de 200 m² y el coste de esta a 900€/m² para una vivienda de sus características, son 180.000 €, los honorarios de arquitecto y aparejador rondarán los 12.000€ y la Licencia unos 9.000 €. –Arquitecto.

Yo solo dispongo de 90.000 € para todo. –Cliente.

Pues le aconsejo que se haga una vivienda de 90 m², más ajustada a su presupuesto. –Arquitecto.

Es que yo pensaba, que tengo un primo que me hace la excavación, luego entre unos amigos hacemos la primera planta y luego veremos. Pero por los papeles 21.000 € eso es demasiado caro. Voy a ver que me han dicho que hay un arquitecto que lo hace todo por 4.000€. –Cliente.

Relato del autor.

1.7.1.- LA ECONOMÍA DE LA EDIFICACIÓN.

En el presente Capitulo se van a describir los conceptos generales de la economía de la edificación que serán necesarios para entender, en capítulos posteriores el concepto de función Objetivo de la Optimización.

El sector de la Edificación constituye una de las industrias más importantes del sector económico de un país, y con ello quiero decir que dependiendo de él, se desarrollan muchas empresas y puesto de trabajo. La economía de un país como España está fuertemente ligada a este sector. Fabricantes de materiales, constructoras, promotoras, inmobiliarias, sector financiero, propietarios, Estado, todos forman un entramado comercial y económico.

En lo que respecta a esta Tesis, la optimización en distribución de plantas arquitectónicas, hay dos factores que pueden influir en esta investigación: el precio de venta y el coste de fabricación. Como cualquier otro producto industrial-comercial se ve influido principalmente por factores de mercado.

Como veremos en el capítulo II.8 *La Función Objetivo*, a la hora de evaluar los diferentes óptimos que obtengamos, podremos aplicarles varios parámetros. Dado que el resultado de la optimización va a ser una planta arquitectónica, donde podemos diferenciar espacios útiles y espacios construidos, estos podrán ser transformados en coste de construcción y precio de venta, y por tanto, en beneficio de la promoción. En este Capítulo vamos a describir algunos de los conceptos básicos para poder llevar a cabo esta traslación.

$$\text{BENEFICIO} = \text{PRECIO DE VENTA} - \text{COSTE DE EDIFICACIÓN} - \text{COSTE DEL SUELO.}$$

El coste del suelo es un dato fijo que no se ve afectado por las diferentes distribuciones.

1.7.2.-COSTE DE LA EDIFICACIÓN.

$$\text{COSTE DE EDIFICACIÓN} = \text{COSTE PERMISOS ADMINISTRATIVOS} + \text{COSTE DE SERVICIOS TÉCNICOS} + \text{COSTE DE CONSTRUCCIÓN.}$$

Los costes administrativos, licencias, permisos, etc. son costes fijos estimados por la administración pública en función del P.E.M. (% Presupuesto de Ejecución Material).

Los costes de Servicios Técnicos, Arquitecto, Aparejador, Topográfico, Geotécnico, Ingenieros, etc. Son costes ó fijos ó van en función del P.E.M.

Por tanto vemos que el Coste de la Construcción es el dato clave para determinar el resto de sumandos para el Coste total de la Edificación.

$$\text{COSTE DE CONSTRUCCIÓN} = \text{PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL} + \text{BENEFICIO INDUSTRIAL CONSTRUCTORA}$$

El Coste de la Construcción será el Presupuesto de Ejecución Material más el beneficio y gastos que le aplique la empresa constructora más impuestos. Por tanto será el P.E.M. más un porcentaje aplicado por las empresas constructoras. Habrá que hallar el P.E.M. para de ahí deducir el resto de factores de la suma.

(Debido a que estamos en el campo de la predicción/planificación de costes de una futura obra, dejamos de lado un factor que puede ser muy importante en el resultado final de los costes y es que en la economía de mercado las empresas constructoras pueden ofertar por debajo incluso del P.E.M.)

COSTE DE LA EDIFICACIÓN → EN FUNCIÓN DEL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

El presupuesto de ejecución material de una construcción es la sumatoria de los productos de las mediciones por los precios unitarios de cada de las unidades de obra que permitan la ejecución total del conjunto edificatorio.

UNIDADES DE OBRA: Es una unidad elemental de la obra, el componente menor que se contrata y certifica por separado. Se mide en unidades y con ella se puede describir la obra (el metro cuadrado de un muro es una unidad de obra).

MEDICIÓN: Es la acción y el efecto de medir; y el hecho de medir es la expresión comparativa de la longitud, el área o el volumen de un cuerpo. Los factores primordiales que se han de considerar en toda medición son: la exactitud, la claridad, la ordenación y la situación.³⁷

PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL = \sum (PRECIOS UNIDADES OBRAS x MEDICIÓN UNIDADES OBRA)

AUTOMATIZACIÓN DE MEDICIONES Y GENERACIÓN DEL P.E.M.

Actualmente con las aplicaciones Informáticas B.I.M. ya existe la automatización de las mediciones y generación del P.E.M. El siguiente paso es incorporarlas a la optimización de la distribución, es decir, ante una distribución obtenida te de una valoración automática del coste de su ejecución.

Cada elemento que se genere en la Distribución óptima pertenecerá a una unidad de obra, que será medible automáticamente, si a esta se le ha aplicado un precio, será capaz de generarnos el coste total de la unidad. Si este proceso se ha realizado en todas las unidades de la edificación obtendremos el Presupuesto de Ejecución Material de la Obra.

³⁷ García Muñoz, Gonzalo y De las Heras, Mariano. Precio, tiempo y arquitectura: mediciones, presupuestos y planificación para edificación y obra civil. Ed. Celeste/ Maireta. Madrid, 2001.

Al tener el P.E.M. podremos estimar el resto de los costes y por tanto el Coste total de la Edificación en Base a una Distribución Óptima obtenida.

I.7.3.-PRECIO DE VENTA.

¿En qué influye una buena distribución en el Precio de Venta?

El cumplimiento de las siguientes condiciones mejorará el precio de Venta.

- 1.- Mayor Superficie útil con respecto a superficie construida.
- 2.- Mayor Superficie de M2 de Unidades vendibles frente a espacios de comunicación, servicios y patios.
- 3.- Mejor distribución de Tipologías en relación al Precio de Mercado.

Si al optimizador le damos la libertad para elegir Tipologías, Usos, Funcionamientos tendrá toda la gama de opciones para estudiar qué combinación es la que ofrece el mejor precio de venta.

$$\text{PRECIO DE VENTA} = \sum (\text{PRECIO VENTA S/TIPOLOGÍA} \times \text{MEDICIÓN S/TIPOLOGÍA})$$

AUTOMATIZACIÓN DE MEDICIONES Y OBTENCIÓN DEL PRECIO DE VENTA ESTIMADO

De la una solución en planta de la distribución de la edificación se pueden extraer las distintas unidades vendibles. Cada una de esas unidades tiene un precio de mercado por metro cuadrado construido. El precio de venta del m2 de vivienda es diferente del de comercial, del de oficina y en ello influirán calidades, tamaños etc.

Para cada parcela habrá una combinación óptima de tipologías vendibles que haga rentabilizar mejor la inversión. Si se le da como dato de partida al optimizador el precio por m2 de las tipologías, este podrá estudiar las diferentes opciones y hallar la óptima.

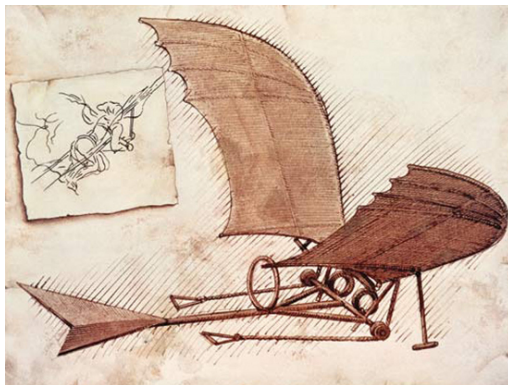
Cada tipología se implanta en la parcela de diferente forma y tiene unos requerimientos de espacios de comunicación, servicios y libres diferentes. La máquina tendrá que ponderar los requerimientos de cada tipo y sus beneficios económicos para determinar el óptimo.

PARTE II.

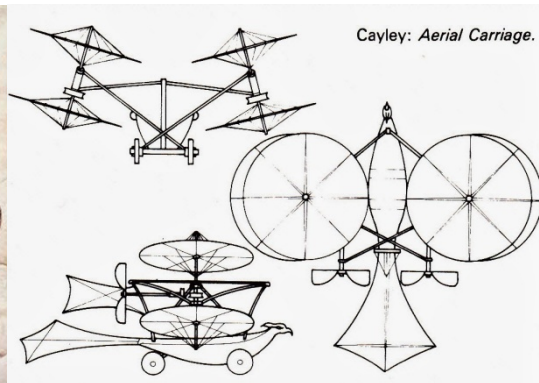
CONTRIBUCIONES EN OPTIMIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS.

TEORÍA DEL PROYECTAR ALGORITMIZABLE DE LA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS EN LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.

II.1.-TEORÍA DE LA PROYECTACIÓN ALGORITMIZABLE.



Ornitóptero de Leonardo Da Vinci s. XV



Proyecto de aeroplano de Cayley de 1843

“Estoy plenamente convencido de que este noble arte ser muy pronto adaptado a la utilización del hombre y que finalmente podremos transportarnos nosotros mismos, nuestras familias y nuestros bienes a través del aire con mayor seguridad que por mar, a una velocidad de 30 a 160 km/h, sin embargo, para poder realizarlo, solamente es necesario disponer de un motor que genere más potencia por unidad de tiempo que los músculos animales en relación con su propio peso”

Sir George Cayley (1796-1853) considerado como uno de los “padres de la aviación”

Cita en: Francisco Escartí. *El secreto de los pájaros: cómo el hombre aprendió a volar*. Granada: Ed. Dauro, 2012

Esta Teoría de Proyectar no será un intento de copia de los sistemas del proyectar humano, al igual que un avión no vuela moviendo las alas como un pájaro. Y por tanto los algoritmos no simulan el comportamiento de proyectación humana, sino sintetizan los comportamientos de transformación de los espacios en una planta, como si ellos tuvieran identidad propia sin acción humana que los definiera. Se propone pues una Teoría del Proyectar en planta que obtenga resultados similares a la proyectación humana, pero sin seguir necesariamente los procedimientos de la creatividad humana.

Saber como la informática puede relacionarse con el diseño es un trabajo que tiene que partir de unas buenas descripciones (concepciones) de los sistemas de proyectar (teoría del proyectar) y de los sistemas algorítmicos de tratamiento de datos. La dificultad consiste en crear una teoría del proyectar que, además, sea algoritmizable.

El ser humano a lo largo de la historia ha tratado de trasladar de manera directa las y no han sido efectivos está la máquina para volar....

Uno de estos ejemplos, como se ha adelantado más arriba, es el empeño del hombre por descifrar los mecanismos que hacen posible el vuelo de los pájaros. La observación del aleteo de los pájaros nos llevó a pensar que era indispensable trasladar este mecanismo al problema del vuelo. Leonardo Da Vinci mantuvo durante toda su vida la fascinación por el vuelo basándose en detallados dibujos anatómicos de distintas aves, Diseñó un sinfín de máquinas voladoras, entre ellas artulugios similares a un helicóptero, un ala delta, un paracaídas o el utópico ornitóptero³⁸ (un armazón imitando el diseño de las aves, que el individuo debía maniobrar batiendo las alas).

En este primer capítulo de la Parte II, con el fin de entrar rápidamente en el Método que propongo, expongo las hipótesis de partida, un pequeño ejemplo, las explicaciones preliminares y la acotación global del problema. El resto de capítulos se dedican al desarrollo detallado del método propuesto.

³⁸Un *ornitóptero* es un aerodino que obtiene el empuje necesario del movimiento batiente de sus alas de forma análoga a como lo hacen las aves y de ahí su nombre que en griego significa "con alas (en griego= pteros) de pájaro (en griego ornos, ornitos)" fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Ornitoptero>

II.1.1.- TRES PILARES PARA UNA TEORÍA DEL PROYECTAR ALGORITMIZABLE.

Presentamos a continuación los tres pilares sobre los que se van a asentar la metodología de que proponemos para la automatización de la distribución de los espacios arquitectónicos. Los exponemos ya desde inicio porque nos servirán de base para el siguiente capítulo donde veremos un Ejemplo Mínimo, que nos acompañará durante de la Tesis. Estos tres pilares son el extracto del método, veremos que en los sucesivos capítulos nos dedicaremos a desarrollar cada uno de ellos y a conjuntarlos para que sean capaces de resolver cualquier casuística arquitectónica.

Los tres pilares son:

1.- EL PROGRAMA DE NECESIDADES LO CONVERTIMOS EN UN CUADRO DE FORMAS.

Dicho cuadro es una matriz de datos que nos dice para cada habitación sus restricciones de forma.

2.- EL ORGANIGRAMA FUNCIONAL LO CONVERTIMOS EN UN CUADRO DE CONTACTOS.

Dicho cuadro es una matriz de datos que nos indica para cada habitación los contactos obligados (segmentos comunes) con otras habitaciones.

Todos los datos para generar un proyecto, restricciones, condiciones, parcela, requerimientos, etc. Se sintetizarán en estos dos cuadros. Esta teoría del Proyectar Algoritmizable se basa principalmente en como concentrar todos los conceptos del proyectar en estas dos estructuras que se corresponderán con la representación que manipulará el algoritmo optimizador en busca de la solución

3.- EL PROCEDIMIENTO OPTIMIZADOR. LA SUMATORIA DE SEGMENTOS COMUNES DEBE SER MÍNIMA.

Cumpliendo las condiciones anteriores, restricciones de forma y contactos obligados, hallar la disposición de habitaciones óptima, entendiendo por óptima aquella en que la sumatoria de segmentos comunes sea mínima.

El objetivo del procedimiento es realizar una sola tarea, colocar todas las piezas que le hemos dado minimizando los contactos entre las mismas.

Estas tres sencillas premisas son la base del planteamiento que permite resolver toda la casuística de la distribución en planta.

II.1.2.- EJEMPLO MÍNIMO INTRODUCTORIO.

A continuación se expone un ejemplo que nos acompañará a lo largo de este documento. Un ejemplo mínimo geométrico que nos da una idea de la búsqueda de una distribución óptima para una planta de tres habitaciones.

Su definición es la siguiente:

Se pretende introducir en un rectángulo de 4m. × 3m. tres polígonos A,B,C, tal que A tiene una superficie mínima de 3m² y tiene que tener un segmento común con B y C de al menos 1m. B tiene que poder inscribir un cuadrado en su interior de 2 m. × 2m. y un segmento en común con C de 1,5 m. C tiene una superficie mínima de 2m² y un segmento en común con A de 2m.

Determinar la solución óptima, que será aquella en la que la sumatoria de las longitudes de los segmentos separadores entre las piezas sea mínima.

Esto es:

Cuadro de contactos:		Cuadro de Formas:
A:	B: 1m. C: 1m.	Min:3m ²
B:	C: 1,5 m.	Inscribir un 2x2m
C:	A: 2 m.	Min: 2m ² .

DATOS DE PARTIDA.

Tenemos el Polígono Contorno de 3 m. x 4 m. Y el Cuadro de Contactos y de Formas

POLÍGONO CONTORNO 3M. X 4M.



PROGRAMA DE NECESIDADES	CUADRO DE CONTACTOS	CUADRO DE FORMAS
POLIGONO A	B:1M. C:1M.	MIN: 3M ²
POLIGONO B	C:1,5 M.	INSCRIBIR 2X2M.
POLIGONO C	A:2M.	MIN 2M ²

DIVIDIR EL POLÍGONO BASE EN LOS TRES POLÍGONOS CON LAS CONDICIONES DADAS, HALLAR LA SOLUCIÓN ÓPTIMA, EN LA QUE LA SUMATORIA DE LOS SEGMENTOS COMUNES SEA MENOR.

Fig. II.1-1. Polígono contorno y cuadro de formas y contactos para ejemplo mínimo.

De esta manera queda sintetizado el problema para que la Máquina pueda trabajar y producir una distribución de los tres polígonos para que cumpla estas condiciones de forma y contacto y optimice buscando la solución que tenga menor sumatoria de segmentos divisorios (menor nº de tabiques).

El ejemplo “juguete” anterior lo podemos expresar en términos arquitectónicos como:

DISEÑAR UN LOFT DE TRES HABITACIONES.

El objetivo es: En 12 m² introducir tres habitaciones.

El Programa de Necesidades que tenemos es:

- Salón-Cocina con 3 m² de superficie mínima.
- Dormitorio en el que puedas inscribir un cuadrado de 2 m. de lado.
- Baño de superficie mínima de 2 m².

Respecto al **Funcionamiento**:

- El Salón debe tener una puerta a Dormitorio y Baño de 1m.
- El Dormitorio debe tener una puerta de 1,5 m al baño.
- El baño debe tener una puerta de 2 m. al salón.

Tenemos que determinar la mejor distribución, que consideramos que será aquella que utilice el menor número de longitud de tabiques para repartir el espacio.

Una vez analizado el problema observamos que hay muchas soluciones válidas posibles, pero encontramos solo 4 óptimas, que se corresponden en cuatro versiones simétricas.

*Las condiciones de las habitaciones y funcionamiento no son reales.

ESTUDIO DE SOLUCIONES:

A.- SOLUCIÓN VÁLIDA NO ÓPTIMA. Se cumplen todas las condiciones, la sumatoria de segmentos divisorios es 6 m. Se conseguido la distribución pero hay soluciones mejores.

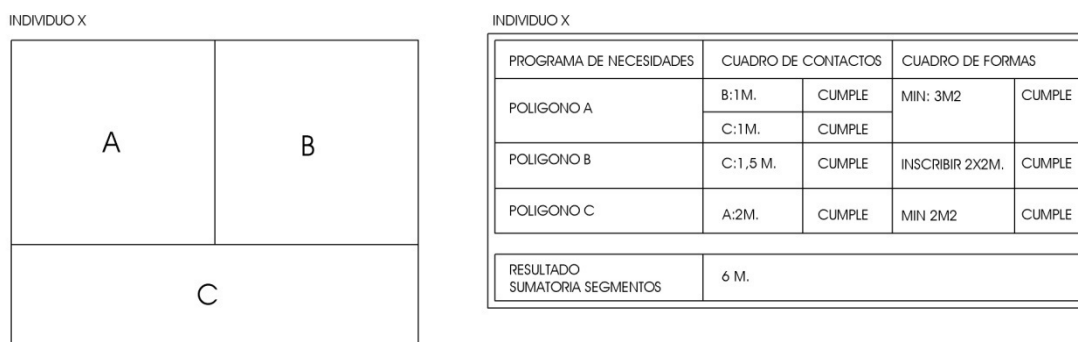


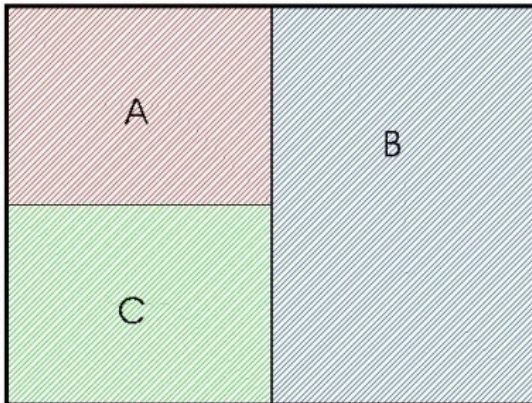
Fig. II.1-2. Representación gráfica de distribución de solución válida no óptima.

B.- SOLUCIÓN VALIDA Y ÓPTIMA JUNTO CON SUS SIMÉTRICOS. Se cumplen todas las condiciones, la sumatoria de segmentos divisorios es 5 m. Dentro de las soluciones válidas es la mejor.

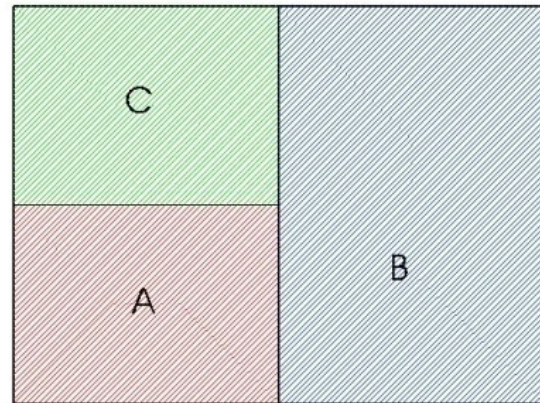
INDIVIDUO Y'

PROGRAMA DE NECESIDADES	CUADRO DE CONTACTOS		CUADRO DE FORMAS	
POLIGONO A	B:1M.	CUMPLE	MIN: 3M ²	CUMPLE
	C:1M.	CUMPLE		
POLIGONO B	C:1,5 M.	CUMPLE	INSCRIBIR 2X2M.	CUMPLE
POLIGONO C	A:2M.	CUMPLE	MIN 2M ²	CUMPLE
RESULTADO SUMATORIA SEGMENTOS	5 M.			

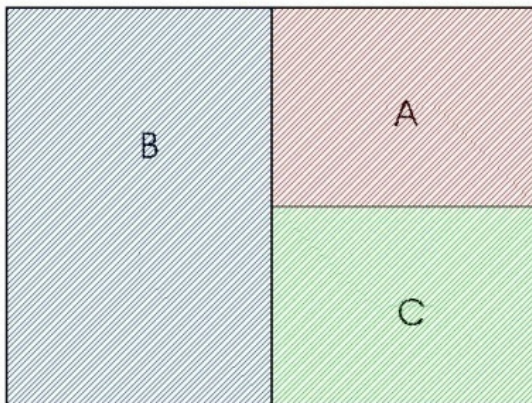
INDIVIDUO Y



INDIVIDUO Y''



INDIVIDUO Y'''



INDIVIDUO Y''''

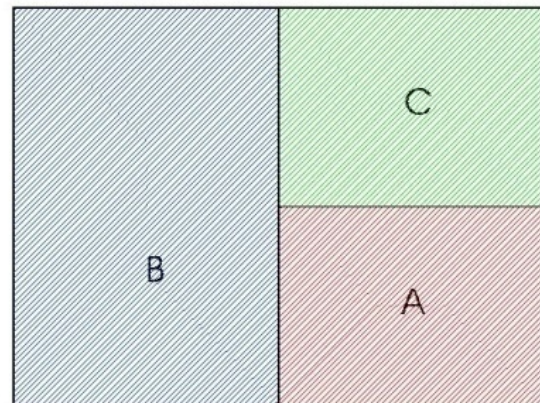


Fig. II.1-3. Representación gráfica de las distribuciones de soluciones válidas óptimas.

C.-SOLUCIÓN ÓPTIMA NO VALIDA. INCUMPLE ALGUNA CONDICION.

Esta Opción ni siquiera es válida por incumplimiento de la condición que C tiene que tener un segmento común con A de 2 m. que no cumple, dado que es 1,5 m. La presento porque se puede observar que produce un mejor óptimo al ser la sumatoria de segmentos 4,5 m, aunque incumple, como decimos, una restricción y por tanto sería no aceptable.

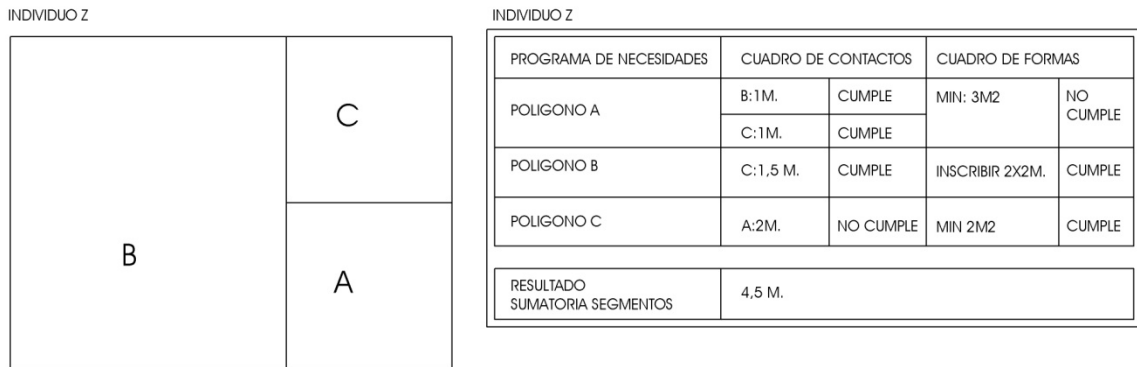


Fig. II.1-4.Representación gráfica de la distribución óptima no aceptable.

II.1.3.- EXPLICACIÓN DE LOS TRES PREMISAS.

Apoyándonos en el ejemplo anterior se va a explicar sucintamente en qué consisten las tres premisas. Como vemos, se ha reducido la complejidad de una distribución arquitectónica en planta a un problema de optimización geométrica totalmente acotado. Un problema de resolución lógica.

1.- El programa de necesidades lo convertimos en un cuadro de formas.

Definimos en un cuadro las habitaciones que debe tener la planta y su tipología (sus condiciones internas, superficie, formas, etc.) tal y como haríamos al comenzar un proyecto, es decir, definir lo que queremos que contenga el proyecto. Si el cuadro está completo, la planta resultante tendrá todos los elementos.

2.- El organigrama funcional lo convertimos en un cuadro de contactos.

Esta es una premisa más abstracta y alejada de la proyectación convencional. El Organigrama funcional es el esquema de síntesis de las relaciones entre las habitaciones. Este Organigrama lo asimilamos a los contactos obligados (pasos o puertas) que debe tener una habitación con otra, lo que a fin de cuentas fija las comunicaciones entre ellas.

Si se ordenan cumpliendo la premisa 1 (la cual le da la forma adecuada a las habitaciones) y la premisa 2 (la coloca en el orden adecuado), la planta funcionará, es decir, será viable o apta.

3.- El algoritmo optimizador. La sumatoria de segmentos comunes debe ser mínima.

Esta premisa parte del concepto de que lo más valioso es el espacio. La edificación que menos subdividida tenga la planta, menos segmentos comunes tendrá. Esto traducido a la arquitectura supone menos muros y más espacio para las habitaciones e implica además, minimizar las habitaciones de comunicación.

Esta premisa en edificación se cumple doblemente desde el aspecto económico. Por un lado al dedicar menos superficie a divisiones (muros y tabiques) resultará una construcción de menor coste y por otro lado, al obtener más espacio edificable productivo (viviendas, locales, etc.) el valor de venta será más alto.

Ligar el aspecto económico de la construcción al concepto de óptimo en una planta puede parecer especulativo. Desde luego, tradicionalmente, el óptimo o el mejor se juzga con otros parámetros como funcionalidad, habitabilidad, adecuación, "belleza", etc., todos ellos conceptos difícilmente cuantificables. Por ello, tanto si se enfoca desde el punto de vista económico como desde el geométrico van a ser convertidos en parámetros perfectamente medibles y evaluables.

La funcionalidad, habitabilidad y demás variables a tener en cuenta se introducen bien en el Programa de Necesidades, en el Organigrama Funcional o en ambos, configurando modelos, estilos, formas de habitar.

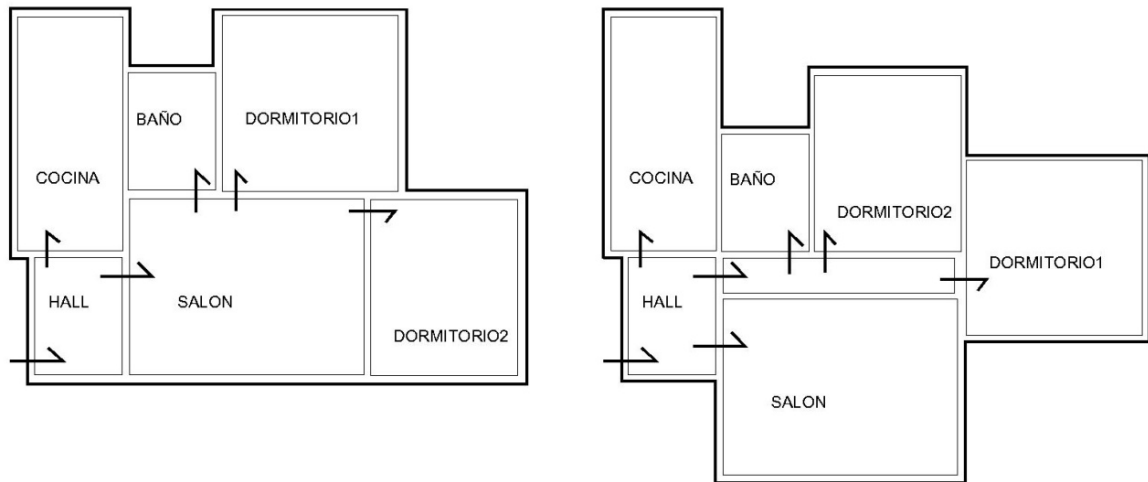


Fig. II.1-5. Representación gráfica de dos distribuciones para las mismas habitaciones. A la izquierda sin distribuidor y más concentrada.

Como vemos en la figura, en estos dos resultados con un mismo programa, el óptimo sería el de la izquierda. Cuenta con menos muros y a la vez carece de habitación de circulación. La solución de la izquierda está más concentrada, lo cual produce mejoras generales al consumir menos espacio y generan menor coste energético, en instalaciones, en tabiques, en puertas, en estructura, etc.

II.1.4.-ACOTADO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. PLANTEAMIENTO GENERAL.

En el bloque primero de la Tesis, realizamos una introducción a los conceptos que vamos a utilizar en este segundo Bloque, donde nos adentramos en el **PROCESO PARA REALIZAR DISTRIBUCIONES AUTOMÁTICAS EN PLANTAS DE ARQUITECTURA**. Disposiciones en planta que evaluaremos comparativamente para hallar las óptimas.

Durante el desarrollo del método intentaremos alejarnos de la visión más artística y romántica de la arquitectura. Vamos a intentar reducir el problema a su vertiente puramente geométrica y más concretamente al espacio de las 2 dimensiones. Por tanto entenderemos el conjunto de grafismos que conforman una planta arquitectónica como el resultado a buscar, alejándonos de lo que ellos representan. De esta forma podremos trabajar con los elementos geométricos, que cumplan una serie de normas para obtener un resultado válido.



Fig. II.1-6. Representación gráfica de una planta baja de una vivienda unifamiliar.

Si observamos la planta, vemos que está compuesta por:

- a) Habitaciones en forma de polígonos.
- b) Muros representados por líneas de cierto grosor.
- c) Puertas y ventanas. Son discontinuidades en los muros.

Con estos tres elementos se representa básicamente una planta arquitectónica, el resto de elementos (textos, flechas) son añadidos a los anteriores y aportan datos complementarios.

En los próximos capítulos explicaremos todas las normas de relación entre los polígonos que conforman las habitaciones.

El problema a abordar se puede dividir en diferentes subproblemas:

SUBPROBLEMA 1: CONTENEDOR DE ESPACIOS.

Se concreta en la introducción de una serie de polígonos dentro de otro polígono contorno. Por tanto, es un problema similar al de optimizar la introducción de paquetes en un contenedor, el conocido problema de la mochila, con la dificultad añadida de que los polígonos a introducir en general no tienen forma definida ni superficie definida a priori, solo una serie de reglas internas para cada uno. Es más, el número de polígonos a introducir también es variable y dependerá de cómo se dispongan entre ellos.

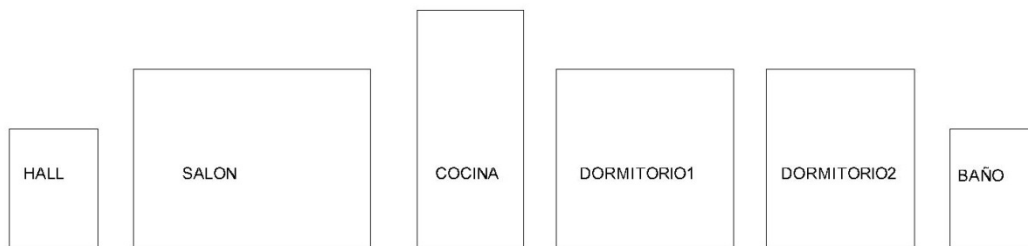


Fig. II.1-7. Representación gráfica de polígonos a introducir, disponer y distribuir en el polígono contorno.

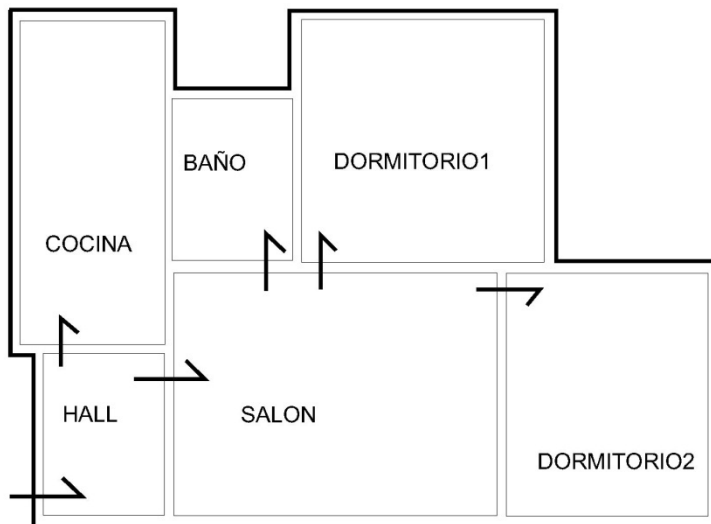


Fig. II.1-8. Representación gráfica de una solución al problema.

SUBPROBLEMA 2: CONTENEDOR DE ESPACIOS SEGÚN UN ORDEN.

Los polígonos a introducir tienen que seguir un orden, digamos, que el polígono A tiene que estar en contacto con el B, este con el C, etc.

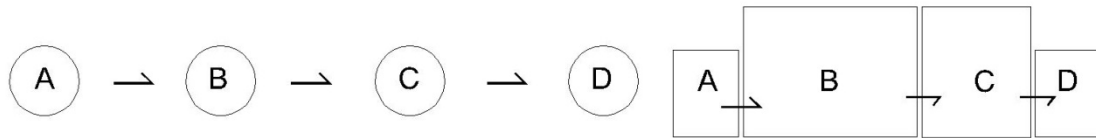


Fig. II.1-9. Representación gráfica de un organigrama funcional y su posible distribución en planta.

Voy a representar los órdenes con unos grafos y una posible disposición geométrica de los mismos. El orden a seguir no tiene que ser lineal, puede ser en árbol, puede retornar, etc.

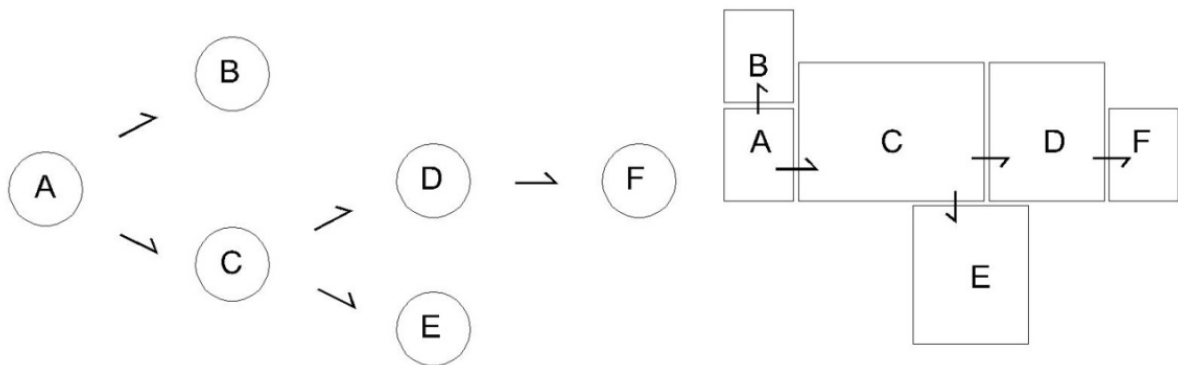


Fig. II.1-10. Representación gráfica de un organigrama funcional en árbol y su posible distribución en planta.

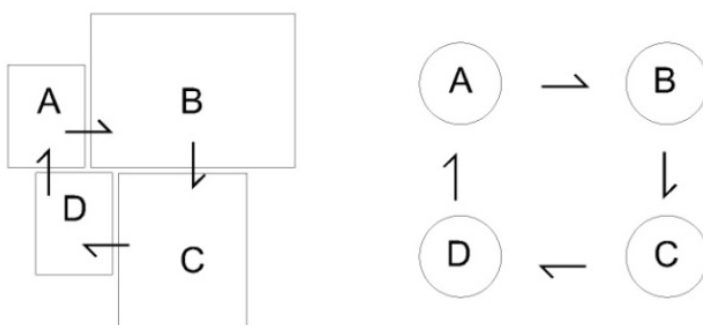


Fig. II.1-8. Representación gráfica de un organigrama funcional con una circulación retornando y su posible distribución en planta.

Si el contacto no es directo, se puede realizar a través de un polígono extra de contacto entre ellos.

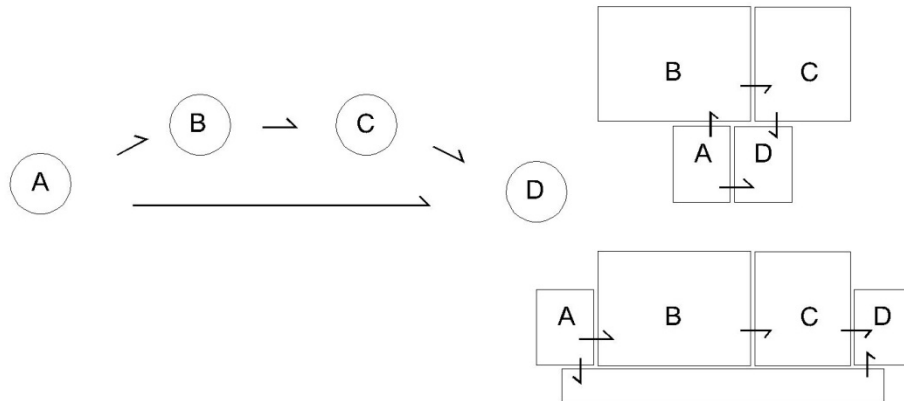


Fig. II.1-8. Representación gráfica de un organigrama funcional y dos soluciones, la inferior utilizando una habitación extra para comunicar A con D.

También puede requerir que respondan a dos o más ordenes independientes.

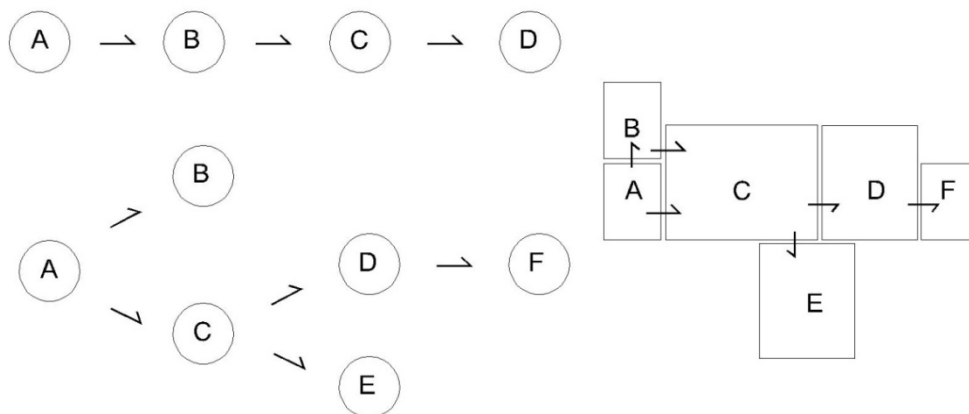


Fig. II.1-8. Representación gráfica de dos organigramas funcionales y la solución de distribución en planta que responde a las dos conjuntamente.

SUBPROBLEMA 3: SOLUCIONES Y OPTIMOS.

Será solución válida si todos los polígonos introducidos dentro del polígono contorno cumplen con sus condiciones internas y están dispuestas según un orden válido.

Será una solución óptima aquella que consiga introducir la mayor cantidad de superficie en polígonos de mayor valor productivo, es decir, que cumpla con la premisa 3 de que los segmentos entre polígonos sean mínimos.

SEGMENTOS SEPARADORES MÍNIMOS → MAYOR SUPERFICIE PRODUCTIVA

II.2.- ESTUDIO DE LA CASUÍSTICA DE LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.



Fig. II.2-1. Imagen de portada de la revista El Croquis nº 129-130. *Herzog & de Meuron*. 2002-2006.

En el presente capítulo se va a describir la casuística a la que se enfrenta el proyectista en la distribución en planta. Se realizará un recorrido por los mismos y su influencia en la distribución espacial arquitectónica. La finalidad de este análisis es contrastar que el método de distribución automática de espacios arquitectónicos que vamos a desarrollar en la presente Tesis sea capaz de abordar todos los casos que se plantean en la práctica proyectual arquitectónica.

II.2.1.-MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS ARQUITÉCTÓNICOS.

Vamos a tomar las tres premisas de la Teoría de Proyectar, muy sencillas y medibles, para desarrollar un Método de Optimización en la Distribución de Espacios Arquitectónicos.

Una Metodología, para que sea efectiva, debe ser capaz de acoger toda la casuística de la proyectación en planta, desde una vivienda unifamiliar aislada con pocos condicionantes previos a un edificio de gran complejidad funcional con varios usos. Para ello vamos a necesitar instrumentos que desarrollen las tres premisas iniciales.

Si queremos que el procedimiento optimizador tenga la misma libertad creativa que un humano, debe tener la posibilidad de cambiar las premisas de cálculo, siendo éstas el Programa de Necesidades y el Organigrama Funcional. Es decir, a un arquitecto cuando no puede dar solución al Programa de Necesidades no le devuelve un mensaje de "ERROR", sino que cambia el Programa de Necesidades y lo adapta. Lo mismo ocurre con el Organigrama Funcional, es decir, no debe ser rígido, dado que para parcelas complicadas, el arquitecto cambia los Organigramas convencionales por otras distribuciones más extrañas. Esa opción debe estar a disposición del procedimiento.

La virtud del procedimiento es la potencia de cálculo. Cuando hay 1000 opciones, calcula las 1000 en un tiempo y te indica las mejores, es el caso del ejemplo mínimo. Pero si tenemos 10^{23} opciones hay que utilizar heurísticas matemáticas como los Algoritmos Genéticos.

En el problema mínimo presentado, el Programa de Necesidades y el Organigrama Funcional son los datos de partida y están definidos. Es, digámoslo así, el ADN del Individuo. También está definido el polígono contorno, es decir, la parcela. Solo queda que el Algoritmo Optimizador halle el óptimo.

Para definir un problema de distribución en planta necesitamos:

- 1.- Parcela. Datos fijos de Partida. Genera la matriz inicial de cálculo.
- 2.- Programa de Necesidades. Genera el cuadro de Formas.
- 3.- Diagrama Funcional. Genera el cuadro de Contactos.

Estos tres conjuntos de datos conforman la descripción de los elementos necesarios para optimizar. A continuación el procedimiento Optimizador obtiene la mejor distribución posible o el conjunto de óptimos.

II.2.2.- DESCRIPCIÓN DE LA CASUÍSTICA.

Intentar describir toda la casuística del proceso de proyectar ya produciría un trabajo de investigación exclusivo, sería como clasificar cómo habitan y se desarrollan actividades, ya sean humanas o no, dentro de cualquier conjunto de espacios.

En general hemos concentrado la casuística en cuatro grupos, de forma que si el procedimiento optimizador puede modelarlos consideramos que será capaz de resolver cualquier problema de distribución espacial.

La diversidad de los problemas planteados viene de:

a) Diversidad de Actividades realizables en los Espacios. Todo tipo actividad requerirá de sus espacios específicos

b) Diversidad de Usuarios de los Espacios. Todo tipo de usuario requerirá una relación de circulación diferente entre los espacios. Varios usuarios distintos pueden utilizar el mismo espacio con necesidades no necesariamente confluyentes

c) Diversidad de Problemáticas de Contorno de Parcela. Todo tipo de parcela y su relación con el entorno.

d) Diversidad de Función Objetivo en la Búsqueda del óptimo. Todo tipo de interés solicitado por el promotor.

El método tiene que acoger toda esta diversidad y ser capaz de dar una solución. Una vivienda unifamiliar aislada sin limitación de superficie a construir, sin linderos que respetar, para una única actividad residencial con una única familia como usuarios, con el fin de ser la vivienda definitiva, es un problema a resolver totalmente diferente de un edificio entre medianeras urbano de 4 plantas de altura, en el que hay que introducir 4 usos diferenciados, residencia, oficinas, comercial y aparcamientos y con un fin de venta comercial. Totalmente diferente también al proyecto de un Aeropuerto, de un Centro Penitenciario o de una Clínica Dental.

II.2.3.- ANATOMÍA DE UNA PLANTA.

Supongamos que establecemos una analogía biológica, sea una planta de una edificación como un ser vivo, vamos a describir su anatomía y plantear la casuística de su creación desde esta perspectiva.

Este “organismo” contendría **sistemas funcionales**. Existen tres tipos principales de células dentro de un individuo, que constituyen a su vez sistemas con una función definida dentro del mismo.

- a) **Sistema Productivo:** Está constituido por todas las habitaciones con valor programático, es decir, en un hotel serían las habitaciones, salones, etc. Se definen en el programa de necesidades y son los que dan valor a la edificación. En la optimización son los que hay que maximizar. Conseguir introducir la mayor superficie en tejido productivo es el objetivo final de la optimización.

- b) **Sistema Respiratorio:** Son todos los espacios libres necesarios para dar servicio y buen funcionamiento al sistema productivo. La optimización consistirá en minimizar los mismos (cumpliendo estándares normativos) cediendo más espacio para el tejido productivo.

- c) **Sistema Circulatorio y de Servicios:** Son todas las habitaciones necesarias para el funcionamiento del tejido productivo. No están definidas en el programa de necesidades y se deben concentrar y optimizar para ceder el máximo espacio al tejido productivo. Podemos dividir las a su vez en:
 - c.1) **Sistema Circulatorio:** Son todas las habitaciones necesarias para que se desarrollen en el edificio los flujos de circulación internos.
 - **Sistema Circulatorio Horizontal:** Se desarrolla dentro de cada uno de los polígonos contornos en cada nivel. El sistema en cada nivel tiene al menos un punto en contacto con un **Acceso** o con un **Núcleo**.
 - **Accesos.**
 - **Núcleos de comunicación Vertical.**
 - **Sistema Circulatorio Vertical:** Es un sistema que se desarrolla en varios niveles a la vez. Es el único tipo de habitación que se repite en los niveles. Está constituido por núcleos de comunicación vertical.
 - **Núcleos iguales en Niveles:** Escaleras, ascensores.
 - **Núcleos con desarrollo por Niveles:** Rampas, escaleras.

 - c.2) **Sistema de Servicios:** Son todas las habitaciones complementarias necesarias para que funcionen las habitaciones del tejido productivo. Son cuartos de instalaciones y servicios no definidas en programa de necesidades y que hay optimizar y minimizar.

Terminología arquitectónica: espacio libre – espacio construido – espacio útil.

Estos tres son los términos arquitectónicos y urbanísticos para definir el tipo de espacio que desarrolla una planta arquitectónica. Son términos técnicos para medir las edificaciones y propiedades.

Espacio Construido: De esta forma se define a todo espacio que esté cerrado por suelo y techo más dos de sus laterales. En general se utiliza para edificación cerrada en su totalidad. Se mide en planta en metros cuadrados y comprende tanto los tabiques como el espacio entre los mismos.

Espacio útil: Es la sumatoria de espacios descontando los elementos constructivos de separación, tabiques y muros. Se utiliza para comprobar condiciones normativas de habitabilidad y otras.

La relación entre Espacio Construido y Espacio Útil es una medida para ver lo óptimo que ha sido la distribución.

Espacio Libre: Son el resto de espacios no construidos dentro de la parcela. Comprenden la sumatoria de patios de la edificación.

II.2.4.- LA OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA. REPERCUSIÓN EN SUS SISTEMAS FUNCIONALES.

Toda habitación-célula va a quedar clasificada dentro de las anteriores tres categorías de sistemas funcionales, que no se corresponden estrictamente al modo tradicional de clasificación del espacio.

Sistema Respiratorio = Espacio Libre

Sistema Productivo + Sistema Circulatorio y de Servicios = Espacio Construido.

El espacio útil no se utiliza directamente en la cuantificación de espacios dentro de un sistema, dado que el espacio celular siempre incluye la membrana de ésta. Sin embargo tanto en el desarrollo del programa de necesidades, en el cual se incluyen los condicionantes del espacio útil, como en la optimización, en la cual la premisa es la minimización de la sumatoria de divisiones, está presente este concepto.

CASUÍSTICA PROYECTUAL EN RELACIÓN A LA EDIFICABILIDAD.

La suma del espacio ocupado por los diferentes sistemas será igual a la sumatoria de las superficies de los Polígonos Contorno de todos los niveles de los que consta el individuo (Espacio Vital). La relación porcentual y óptima entre los sistemas funcionales variará según el tipo de suelo y las necesidades de la promoción.

$$\text{Sup. Espacio Vital} = \sum \text{Sup. Contornos por Niveles} = \sum \text{Sup. Sistemas Funcionales.}$$

En relación al aprovechamiento de la edificabilidad de la parcela los objetivos de la optimización y su repercusión en los sistemas funcionales cambian. Vamos a analizar que le suceden a los sistemas funcionales en relación a los siguientes casos:

A.- AGOTAR LA EDIFICABILIDAD. Se corresponde a los casos en donde el suelo tiene un alto valor, donde hay que aprovechar al máximo la edificabilidad para rentabilizar la promoción. (Fig. II.2-1)

En este caso la optimización deberá tender a minimizar el espacio ocupado por el sistema respiratorio, sistema circulatorio y de servicios, de forma que se obtenga el máximo espacio para el sistema productivo.

SISTEMA PRODUCTIVO → MAXIMIZAR.

SISTEMA RESPIRATORIO → MINIMIZAR INCLUSO ELIMINAR.

SISTEMA CIRCULATORIO Y DE SERVICIOS → MINIMIZAR.

B.- NO AGOTAR LA EDIFICABILIDAD. Se corresponde a los casos en donde el suelo no es un factor determinante, por tanto no hay que aprovechar al máximo la edificabilidad para rentabilizar la edificación. Suele corresponder a los casos en los que el proyecto no tiene como fin una edificación para explotar económicamente. Por tanto el aprovechamiento del suelo no es el criterio principal y sí lo es el presupuesto total de la obra, el programa solicitado, o cualquier otro interés del promotor. (Fig. II.2-2)

SISTEMA PRODUCTIVO → DEFINIDO EN PROGRAMA

SISTEMA RESPIRATORIO → NO INFLUYE.

SISTEMA CIRCULATORIO Y DE SERVICIOS → MINIMIZAR.

En los casos donde la disposición de los sistemas productivos y respiratorios se realiza por cumplimiento del programa y los factores estéticos priman sobre la optimización de los espacios en planta, solo el sistema circulatorio se deberá minimizar, dado que son espacios tales que su reducción supone el mejor funcionamiento de la planta.

B.1.- Responden a este tipo promotores públicos que piden:

- Edificios de Servicios: Museos, Auditorios, Hospitales, Aeropuertos, parques. No suelen tener limitación de suelo y el mismo carece de valor al ser público.
- Edificios emblemáticos. Su valor no recae en su aprovechamiento del espacio, sino en el simbolismo del mismo. Desde un punto de vista de la crítica de la arquitectura, se les denomina Arquitectura del Espectáculo o del *StarSystem* y corresponde a edificaciones que cuentan con un valor de atracción y que dotan a la ciudad de un carácter, de una imagen de marca. Como ejemplo paradigmático se encuentra el Museo Guggenheim en Bilbao. Serán los criterios políticos los que justifiquen esas inversiones.
- Edificios con presupuestos o programas definidos. La edificabilidad es superior a las necesidades del programa.



Fig. II.2.2. Vista rascacielos de Nueva York. Ejemplo de aprovechamiento máximo de edificabilidad.

Fig. II.2.3. Iglesia de San Patricio inserta en la trama de Nueva York. Edificio con carácter simbólico sin aprovechamiento de edificabilidad.

B.2.- Los promotores Privados solicitan:

- En el caso de viviendas unifamiliares para su uso propio, poder limitar la edificabilidad al presupuesto o las necesidades de la familia, no primando el aprovechamiento del suelo.
- En el caso de viviendas unifamiliares para su uso propio, primar los factores estéticos.
- En el caso de edificios que requieran un simbolismo como imagen de marca u otro factor, no siendo una promoción para venta o alquiler.

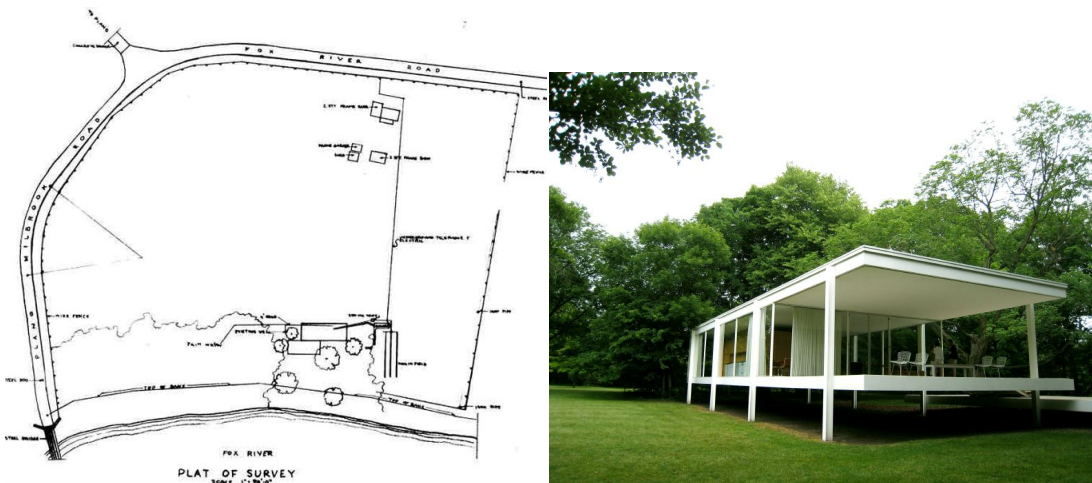


Fig. II.2.4. Ejemplo caso tipo 'no agotar edificabilidad': Casa Farnsworth. Autor: Mies van der Rohe. 1946-1950. Illinois, USA. Fuente: http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Casa_Farnsworth

II.2.5.- ALGORITMOS DE PROYECTACIÓN FRENTE A PROMOCIÓN ESPECULATIVA Ó PROMOCIÓN ARTÍSTICA. INDEFINICIÓN DEL POLÍGONO CONTORNO O EL PROBLEMA DEL LÍMITE.

Nos hemos ido a los extremos en este capítulo al denominar las promociones como especulativas ó artísticas, lo cual implica una proyectación especulativa ó proyectación artística. En la profesión de Arquitecto existen los dos perfiles, pero en un amplio espectro, se podría pensar que salimos de la Escuela de Arquitectura más Artistas y bajo la influencia del promotor y los requerimientos sociales nos vamos transformando a un perfil de proyectistas especuladores.

Desde el punto del Procedimiento a desarrollar, más próximo al mismo está la proyectación especulativa. A fin de cuentas para este todo va a ser optimización. Si se le definen correctamente los datos de partida maximizar o minimizar será cuestión de cálculos y búsqueda de la solución.

Con respecto al segundo caso proyectación de carácter más artístico, la optimización del espacio no es el criterio principal y el algoritmo debe de ayudar a la resolución bajo la influencia de un gesto artístico, una inspiración, una idea creada por un humano o otra herramienta informática que lo simule. Sea el siguiente ejemplo: En una parcela de 10.000 m² tenemos que proyectar una vivienda de 200 m² con un Programa de Necesidades y Organigrama Funcional Definido. Si dejamos al Algoritmo Optimizador disponer las piezas, creará una vivienda dentro de un cuadrado, dado su tendencia a minimizar espacios de circulación y tabiques separadores. ¿Cómo mejoramos el algoritmo en la Proyectación Artística?:

- **Intervención Humana:** El proyectista humano define como datos de partida un contorno o un elemento interno de la vivienda o la posición de algunas células de forma que el procedimiento optimizador se adapte a ellas. (Es como trabajan algunos arquitectos con sus delineantes: dibujan un boceto y le dicen al delineante que adapte la vivienda al mismo.)
- **Simulación Humana:** Se puede dotar la máquina de un Generador de Gestos, un generador de Extrañamiento, que siga ciertos patrones. Este generador hará de paso previo para luego introducir el procedimiento Optimizador. Funcionaría como lo hacen las herramientas de retoque fotográfico que simulan por ejemplo estilo Impresionista. Y te quedas con una foto convertida en una simulación del estilo de Van Gogh.

En cualquier caso es una ayuda a la proyectación Humana, que según la personalización puede ser más o menos acertada.

II.3.- LOS DATOS DE PARTIDA. ENTORNO. EL HÁBITAT DEL SER VIVO. LA PARCELA.

En el presente capítulo desarrollamos la metodología en su relación a los datos previos, en concreto a la parcela, como dato fundamental e invariante en el proyecto.

En la proyectación arquitectónica además del Programa de Necesidades, aportado por el promotor, se parte de una serie de datos invariables que extraemos principalmente de una fuente: La Parcela, que contiene unas condiciones-restricciones a la edificabilidad en su interior. Un mismo programa en diferentes parcelas desarrolla diferentes individuos.

Las condiciones vienen definidas de forma externa al proyectista y promotor. Las condiciones urbanísticas de la parcela (nos ofrecen múltiples datos normativos de edificabilidad) y las condiciones físicas de la parcela (nos ofrecen datos múltiples objetivos de orientación, medianeras, preexistencias etc.).

II.3.1.- HÁBITAT DE UN EDIFICIO EN PLANTA.

Hábitat: Lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal.

El Hábitat de la planta arquitectónica de un edificio se establece en uno o varios planos denominados niveles. En cada nivel se desarrolla una planta. Cada individuo (edificio en plantas) está constituido por todas las plantas en las que se desarrolla. El área donde se desarrolla dentro de cada planta es el polígono contorno. El polígono contorno estará definido por el solar añadiendo lo que se determine en las normativas en relación al mismo (volados, retranqueos, ocupación, edificabilidad, nº de plantas, etc.) La casuística en arquitectura también es amplia a la hora de definir el hábitat del Individuo. Para una mismo solar/parcela pueden existir diferentes estrategias iniciales de ocupar el espacio. Escoger entre una estrategia u otra conlleva edificios de distinta configuración y aprovechamiento del espacio.

Normalización y formalización. Modelización del hábitat. Para que la máquina pueda entender el entorno de trabajo, vamos a transformar todas las variables de la Proyectación Arquitectónica en un conjunto de datos estándar y que pueda acoger toda la casuística. Para ello vamos a dividir los datos en tres conjuntos: Planos de Trabajo, Condiciones de Contorno y Preexistencias.

II.3.1.1.- DEFINICIÓN DE LOS PLANOS DE TRABAJO.

La proyectación en planta se realiza en 2 dimensiones. Lo primero es disponer todos los planos de trabajo sobre los que se va a distribuir la planta. El único dato que contiene cada plano de trabajo es la distancia a la rasante natural del terreno, en un punto de referencia determinado. La distancia de cada plano a un punto del terreno nos aporta la distancia respectiva entre cada plano. Este dato de altura de cada plano no nos aporta información para la distribución más allá de dimensionar el espacio necesario para contener las escaleras y rampas.

La determinación del número y altura de los planos de trabajo se deduce de los condicionantes urbanísticos (nº de plantas, altura máxima, altura entre plantas, volumen máximo, edificabilidad, ocupación etc.)³⁹

La determinación de los Planos de trabajo es un elemento proyectual y por tanto sujeto a elección u optimización. Procedimientos de determinación de los planos de trabajo:

- a) **Elección:** Se definen por el proyectista los niveles y sus alturas.
 - o Por requerimientos estrictos de la normativa.
 - o Por requerimientos del Promotor. Si el promotor no quisiera agotar las plantas en altura posibles, por cualquier razón ya sea económica, estética, ejecución por fases, etc.
 - o Rehabilitación. En el caso de una rehabilitación de una edificación, los niveles pueden estar definidos para respetar los del edificio original. Puede ser que se mantenga solo la fachada, los niveles quedarán establecidos por los huecos de fachada preexistentes.

- b) **Optimización:** La determinación de los planos de trabajo no se deduce directamente de los condicionantes urbanísticos. Se pueden presentar varias distribuciones de niveles posibles para la misma parcela. Se trata de que el procedimiento busque la mejor de ellas (Sección Óptima). Ejemplos:

1.- Edificación en Ladera. El nº de plantas estará definido en la normativa, pero al tener que escalonar el edificio a lo largo de la rasante del terreno, tendremos que crear múltiples planos de trabajo. Si escalonamos en tres el edificio y hay tres plantas de altura por normativa, se crearán 9 plantas de trabajo. A partir de una buena organización de los niveles se conseguirá la distribución óptima en planta.

2.- Determinación de nº de sótanos. Se le puede pedir que nos aporte opciones de niveles de sótano y su distribución óptima, siendo evaluados en función de tipos de suelo (relación coste-construcción/venta).

Para todos los casos, la definición de los planos de trabajo es fundamental para establecer en cuantos grupos vamos a dividir el Programa de Necesidades para su distribución. Para el procedimiento cada plano de trabajo funcionará como una edificación autónoma, tendrá un núcleo de comunicaciones vertical o un acceso, y de ahí partirá el resto de la distribución.

³⁹ Consideramos que en esta Tesis que no hay condicionantes de estructura.

Como veremos más adelante, si el objetivo es disminuir espacios de circulación para aumentar espacios productivos, a priori se deduce que, si reducimos el número niveles en relación a los permitidos se conseguirá un distribución más óptima. A modo de ejemplo en relación a la optimización del número de plantas en una edificación, es el caso de los rascacielos donde la condicionante estructural deja paso a la condicionante de circulación vertical como la más importante. La problemática radica en que los edificios de gran altura consumen mucho espacio en ascensores, de forma que los espacios productivos puedan no alcanzar a rentabilizar la inversión.



Fig. II.3.1. Sección de Proyecto de 20 VPO en Morro Jable. Podemos apreciar que se trata de una edificación en ladera. Aunque solo tiene dos plantas de altura cada bloque, el edificio en completo está definido por 8 niveles.

II.3.1.2.- DEFINICIÓN DEL POLÍGONO DE CONTORNO.

Una vez definidos los diferentes planos donde se van a asentar los espacios objeto de distribución procederemos a limitar en cada plano el área donde se va a desarrollar el proyecto. Dicho área de trabajo lo denominamos Polígono Contorno. En el Polígono Contorno caracterizaremos cada uno de los segmentos del mismo que tienen contacto con distintos espacios exteriores.

Hemos realizado una subdivisión de los Polígono Contorno separándolos en dos tipos en relación a los datos que nos aporta: *El Polígono Contorno de Parcela* y *el Polígono Contorno Edificable*. Digamos que el primero es el dato en "Bruto" y el segundo modificado por las condiciones Urbanísticas.

A.- Polígono Contorno de Parcela (P.C.P.). Coincide con los límites de propiedad de la parcela en los que se pretende edificar. Se nos aporta este dato inicial a nivel de terreno, junto con el plano topográfico, el cual nos indica los puntos del terreno natural. Este dato lo

tenemos que procesar en cada nivel que hemos planteado para posteriormente definir el Polígono Contorno Edificable.

Procedimiento con el Polígono Contorno de Parcela:

1.- Definir el P.C.P. en todos los planos de trabajo (niveles) mediante las coordenadas de la parcela de la propiedad. Esta tarea consiste simplemente en establecer en cada nivel el Polígono Contorno de Parcela.

2.- Caracterizar cada segmento del P.C.P. (características de contacto) en cada plano de trabajo. Definen las características de los espacios exteriores al Polígono y que dan contacto con él. Hay que realizarlo en cada plano de trabajo, dado que en cada nivel las condiciones de contorno exterior pueden variar.

Estos parámetros entran en cálculo a la hora de evaluar la colocación de las habitaciones en relación a la fachada y las características que debe tener la piel.

Se van a dividir en *Espacio Libre* y *Espacio Ocupado*, estos a su vez en *Espacio Público ó Privado* y estos a su vez en *Uso Público ó Restringido*. Cada una de estas características restringirá las condiciones internas de la edificación en contacto con ese espacio, por ello la necesidad de definir con precisión estos espacios exteriores. A continuación expondremos algunos ejemplos de repercusión en el proyecto de los diferentes espacios exteriores.

Espacio Libre: Estamos hablando de un espacio no construido, que se le presupone características de ventilación e iluminación. Ejemplo: Los dormitorios deben estar en contacto con este espacio.

Espacio Ocupado: Se trata de un espacio no Libre, es decir una edificación vecina ó el terreno natural.

Espacio público: Podrá ser usado por cualquier edificación. Ejemplo: Una calle ó plaza.

Espacio privado: Solo podrá ser usado por los propietarios. Ejemplo: Calle privada.

Espacio Uso Público: Podrá ser usado por cualquier usuario. Ejemplo: Una calle ó plaza.

Espacio de Uso Restringido: Podrá ser usado por usuario restringido.

3.- Definir la altura del P.C.P. en cada segmento de cada plano del trabajo con respecto al terreno natural. Este proceso se puede hacer automáticamente con los datos de alturas de niveles y de rasante del terreno natural. Nos aporta información para definir aspectos de la distribución. EJ: Si se puede colocar un acceso o no, si se pueden colocar ventanas ó no por características de privacidad, si está por encima o por debajo del terreno, si debe colocar elementos de seguridad, etc. Este dato se extrae del plano topográfico que aporta el promotor.

4.- Caracterización Física de cada segmento del P.C.P. (características de contacto) en cada plano de trabajo. Caracterizamos orientación, condiciones ambientales, condiciones del terreno. Estos datos se introducen en un inicio como datos generales, orientación, clima, situación, tipo de terreno. Luego al definir el contorno de parcela se asocian automáticamente a cada elemento.

Orientación: Determinaremos cada segmento de contorno con su orientación con respecto a la parcela. P.E: Calle Norte. Nos aportará información para optimizar la colocación de habitaciones. Ejemplo: Salones orientados a Sur.

Condiciones Ambientales: Vientos dominantes, ambiente marino, etc. P.E: Calle peatonal sur playa. Nos aportará información para optimizar la colocación de habitaciones. Ejemplo: Evitar fachadas con ventanas a vientos dominantes. Primar orientación de vistas al mar.

Condiciones del terreno: Aportará información de los tipos de terrenos, niveles freáticos, etc. Nos aportará información para la colocación de sótanos, situación y profundidad. Ejemplo: Evitar sótanos bajo el nivel freático.

B.- Polígono Contorno Edificable (P.C.E.). Es el polígono contorno por niveles que define donde se puede edificar dentro de la cada nivel.

A este nivel ya se dispone de los planos de trabajo y los Polígonos de Contorno básicos. Ese polígono de contorno de propiedad no tiene por qué coincidir con el Polígono de Contorno Edificable. A la parcela hay que aplicarle Condicionantes Urbanísticos, que son las normas que la sociedad ha impuesto para una convivencia entre las edificaciones y para el bien común. En cada plano de trabajo se modificará el Polígono de Contorno de Parcela, para convertirlo en el Polígono de Contorno Edificable.

La conformación de este Polígono de Contorno Edificable se ve afectada por tres diferentes elementos. Un polígono máximo fijado por normativa, una normativa flexible que da pie a varias organizaciones posibles (sujeto a optimización) o un P.C.E. fijado por el proyectista.

1.-El Polígono Contorno Edificable será el máximo que permita la Normativa. De la aplicación de la normativa solo resulta un Polígono Contorno Edificable. Por ejemplo, retranqueo delantero 3 m. Se toma el P.C.P. y se retranquea tres metros la fachada delantera y obtienes el P.C.E. Las normativas urbanísticas afectan ampliando el polígono contorno, reduciéndolo o simplemente condicionándolo. A continuación se describen algunas de ellas:

- AMPLIAN:
 - VOLADOS. Capacidad de ocupar el espacio público a partir de un determinado nivel.
 - PATIO INGLÉS: Permiso para llevar un patio hasta cota por debajo de terreno en fachadas, con el fin de dotar habitabilidad y acceso al sótano.
- REDUCEN:
 - FONDO MÁXIMO. Limitación de ocupar el espacio a una determinada distancia de la línea de fachada.
 - OCUPACIÓN MÁXIMA. Limitación de ocupar el solar, como superposición de todos los polígonos contorno sobre el mismo.
 - EDIFICABILIDAD MÁXIMA. Limitación de la sumatoria de espacios construidos de todos los niveles.
 - VOLUMEN MÁXIMO. Limitación de la sumatoria de los espacios construidos por la altura de cada espacio.
 - OBLIGACIÓN DE SOPORTALES. Obligación de retranquearse solo en planta baja.
 - RETRANQUEOS. Obligación de no edificar hasta una determinada distancia de alguna fachada.
 - ETC.
- CONDICIONAN:

- ALINEACIÓN A FACHADA. Obligan a la Fachada de la edificación a seguir la fachada de la calle.
- ...

2.- Polígono Contorno Edificable objeto de Optimización. Como vemos algunos de los parámetros urbanísticos no producen una respuesta única. La Edificabilidad Máxima se puede repartir entre los diferentes planos de trabajo. Si el nº de planta no es obligatorio puede suponer que haya diferentes opciones de Polígonos Contornos Edificables. P.E: Edificabilidad de 500 m², nº plantas máximo: 5, nº plantas mínimo: no. En este ejemplo podemos desarrollar la edificación con 5 plantas de 100 m² ó 2 de 250 m², etc.... y a su vez con formas de P.C.E. distintas por plantas. Esto implica que para saber cuál es el óptimo, hay que introducir estos parámetros junto con el Programa de Necesidades y Organigrama Funcional, dado que interactúan unos con otros.

3.- Polígono Contorno Edificable impuesto por promotor ó arquitecto. Este es el caso en el que algún interviniente del proceso constructivo quiera definir la forma externa de la edificación. Siempre que cumpla con la normativa el Procedimiento lo permitirá y realizará los cálculos en base a ésta.

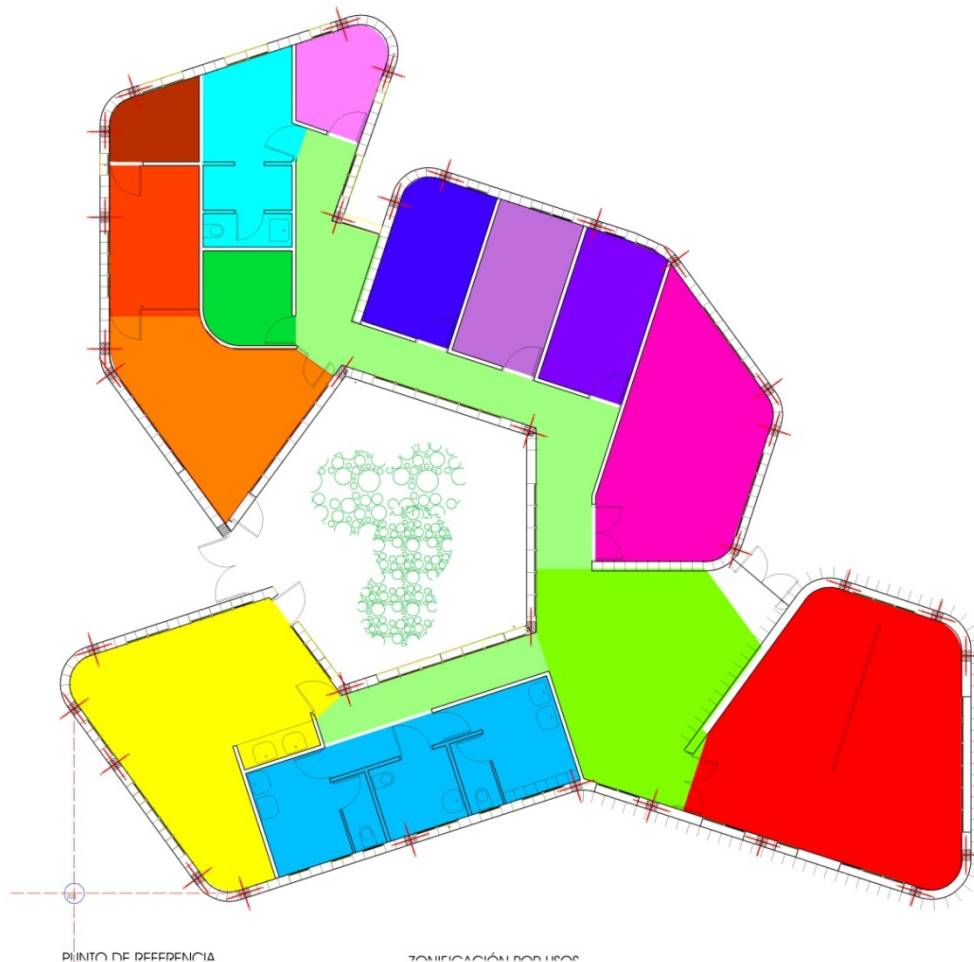


Fig. II.3.2.- Planta de Proyecto de Centro Social en Puerto del Rosario. Podemos apreciar que el Polígono Contorno Edificable que define la forma exterior de la edificación, circundando un patio pentagonal, es un ejercicio de diseño para crear una pieza dinámica y que ha considera otros factores para la forma de la misma, no la optimización de la parcela. Obra del Autor.

II.3.1.3.- DEFINICIÓN DE PREEXISTENCIAS.

Introducimos este tercer grupo de Datos de la Parcela, para ampliar la casuística a los casos en los que haya algún elemento en la Parcela que tengamos que respetar.

-REDISTRIBUCIONES, REHABILITACIONES, REFORMAS: Nos encargan demoler interiormente todos los tabiques de una edificación y redistribuirla. Esto nos deja elementos inamovibles, es decir, dejamos como espacios inmutables en la planta, la fachada, los patios o lo que se considere. Se puede contemplar la redefinición de los planos de trabajo o dejar los mismos. Es decir, se demolerán los forjados o no.

-AMPLIACIONES. Necesitamos ampliar una edificación manteniendo las estancias preexistentes, pero el conjunto debe ser coherente y óptimo. Planteamos la parcela con la edificación previa completa y cada uno de sus espacios definidos en forma y posición. Planteamos la zona de ampliación y dejamos que el optimizador coloque los espacios preexistentes y los nuevos de forma óptima siguiendo un programa de necesidades global.

-RESTOS ARQUEOLÓGICOS: En una parte de nuestra parcela hay restos de una terma romana. Delimitamos ese espacio como intocable, le damos un perímetro de protección y le dotamos mediante el Programa de Necesidades de los accesos y servicios.

-SERVIDUMBRES: Funcionan como condicionantes urbanísticos pero afectan directamente al interior de la parcela.

-OTROS: Cualquier elemento que se quiera dejar inmutable en la parcela previo al inicio de la Optimización de Espacios. P.E: Vamos a construir una edificación con una estructura predeterminada, un rascacielos con un núcleo central estructural. Se define este como elemento inmutable y la máquina propone la mejor forma de colocar el resto de espacios⁴⁰.

⁴⁰Podemos introducir en el debate si la estructura se conforma antes ó después de la distribución. Pero si sabemos que el edificio se va a construir con un Forjado Reticular de 10m x 10 m ejes de pilares, estos se podrían introducir como dato previo, para que la optimización se realizara en base a este parámetro. La disposición de pilares también podría ser objeto de optimización en planta.

II.3.2.- LOS DATOS DE LA PARCELA. SU TRADUCCIÓN A LA MÁQUINA.

Hemos sintetizado todos los datos de la parcela caracterizando todos sus límites en todos los niveles. Les hemos dotado de toda la información que cada elemento necesitaba para definirse. A fin de cuentas estamos definiendo las características del entorno, para que cuando el optimizador comience a distribuir sepa cómo disponer cada una de las habitaciones en relación a la globalidad del edificio.

Recordemos los cuadros de Formas y Contactos de las dos premisas del Método explicadas en el Capítulo II.1. Todos los datos de parcela se introducirán en dichos cuadros como polígonos Inmutables, pero totalmente caracterizados. Es decir se definirá su posición y características pero no serán objeto de distribución, solo son polígonos que aportan información.

Los datos de parcela formarán parte de los cuadros de formas y contactos, al igual que los espacios exteriores se consideran polígonos inmutables.

A continuación voy a describir en unos esquemas gráficos cómo quedarían los datos de la parcela de una edificación urbana entre medianeras, convirtiendo los espacios exteriores en polígonos con sus características. Podemos apreciar que se ha dividido en cuatro niveles de trabajo y que en cada nivel el Polígono Contorno Edificable es distinto. El Polígono Contorno de Parcela es igual en todos los niveles.



Fig. II.3.3. Representación de Polígonos definitorios de parcela a nivel -1. Todos son espacios ocupados de terreno.

Vemos en las representaciones de las plantas -1 y planta 0. En la planta 0 el polígono contorno edificable se retranquea al contacto con la plaza pública.

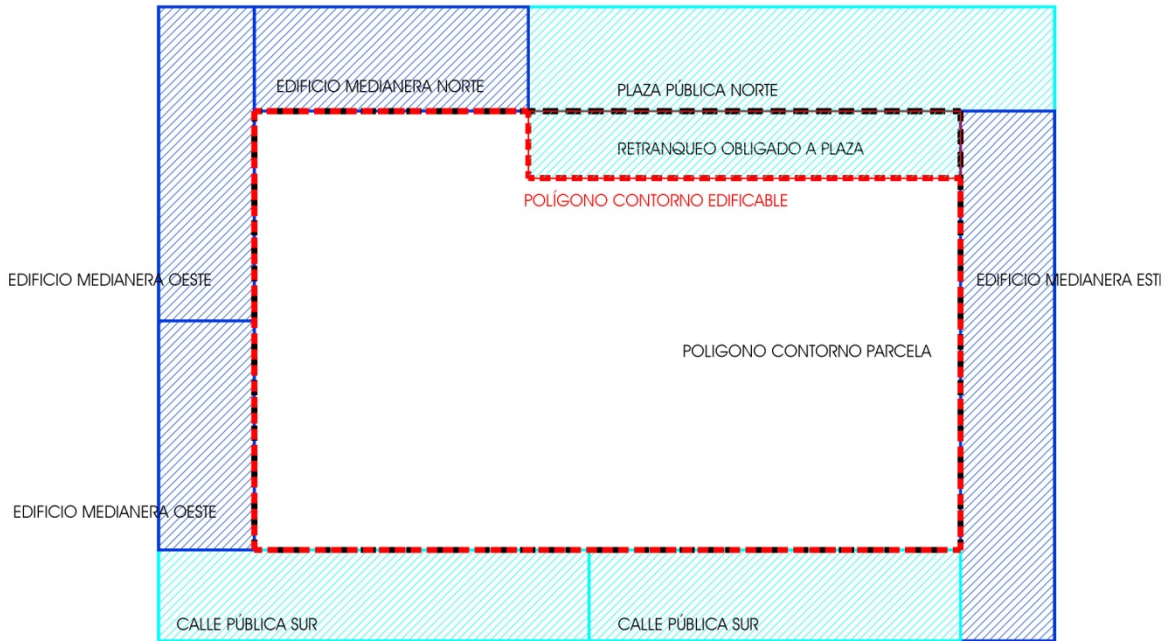


Fig. II.3.4. Representación de Polígonos definitorios de parcela a nivel de calle. Tenemos polígonos que expresan edificaciones vecinas y otros espacios libres de distintas categorías. Cota 0.

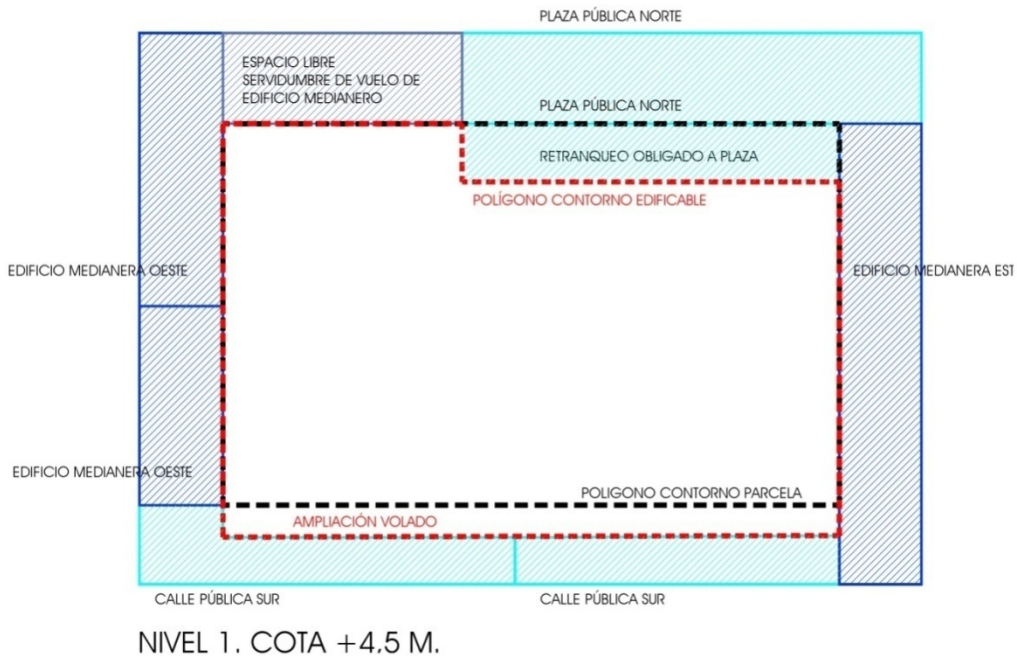


Fig. II.3.5. Fig. Representación de Polígonos definitorios de parcela a nivel +1.

En la planta primera, se produce un volado, por tanto se amplía el Polígono Contorno Edificable.

En la planta segunda podemos apreciar que las edificaciones medianeras han cambiado sus características, dado que nuestra edificación supera a las otras en altura.

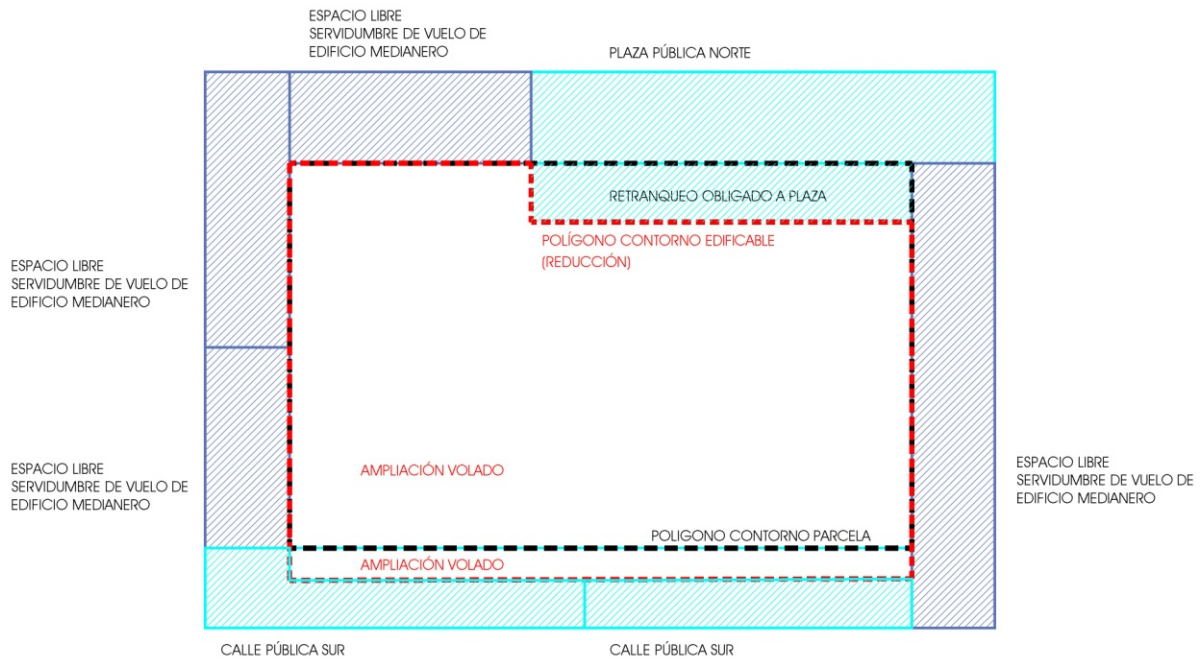


Fig. II.3.6. Representación de Polígonos definitorios de parcela a nivel +2. Cota + 8m.

Cada uno de los polígonos que definen los exteriores del edificio y que pueden influir en el de cualquier modo, tienen que definirse y colocarse en el cuadro de Formas y de Contactos.

Si se han colocado todos ellos y se un caracterizado correctamente, la Máquina podrá entender donde colocar los accesos al edificio, las fachadas principales, el soleamiento, etc. Conceptos tan importantes en arquitectura como la relación del edificio con la ciudad se tendrán que plasmar en la correcta definición de los espacios exteriores.

La profundidad de los conceptos a introducir dependerá del proyectista al introducir los datos tanto ahora en los espacios exteriores, como luego en el Programa de Necesidades. Todo concepto de comunicación con la ciudad tiene que poder modelarse adecuadamente para que luego el optimizador realice la mejor solución.

PLANO TOPOGRAFICO
PARCELA VPO A1-11.

BARRANCO DEL CIERVO.
MORRO JABLE.

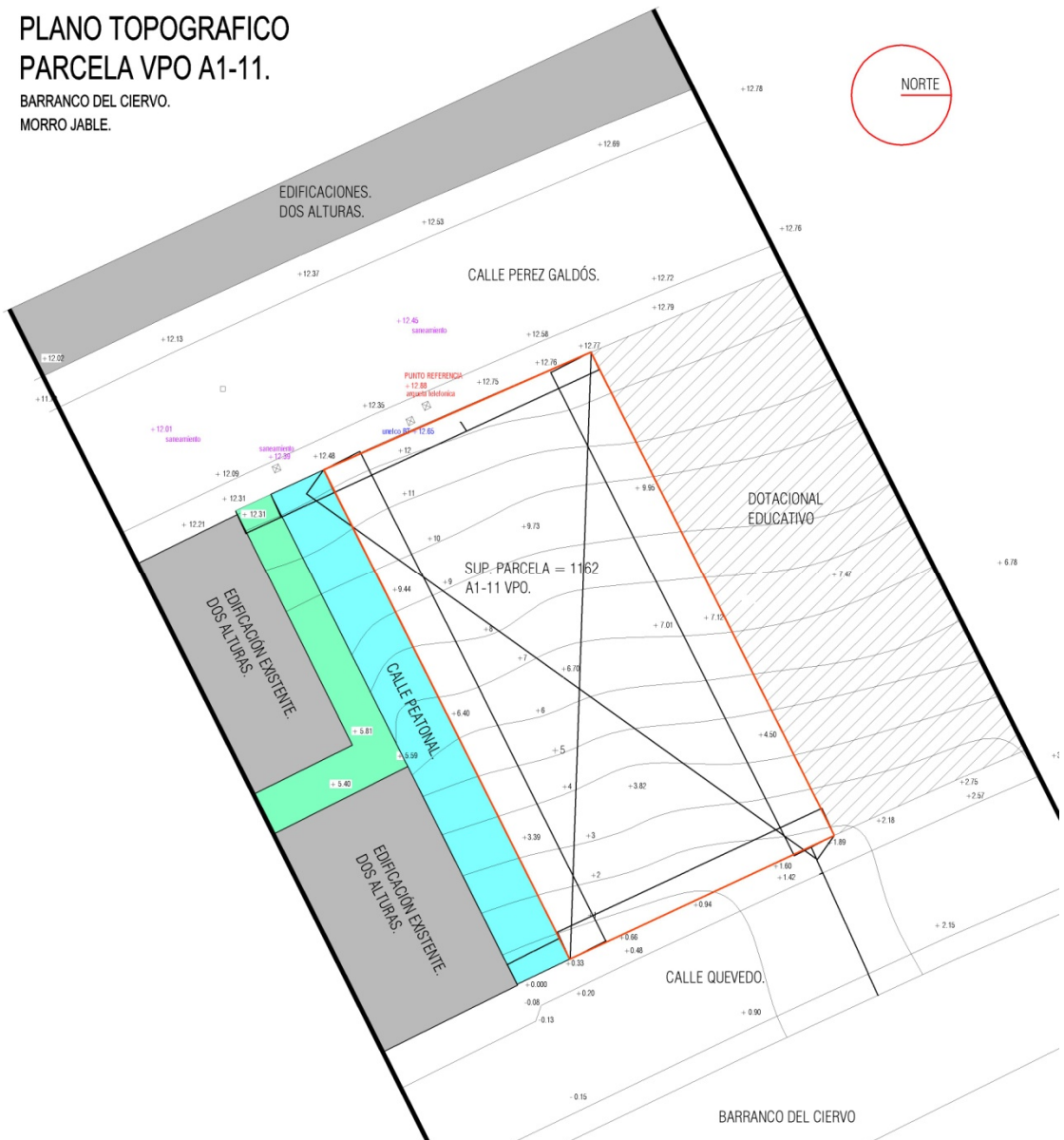


Fig. II.3.7. Plano topográfico de la Parcela de 20 VPO en Morro Jable. Además de la definición del Polígono Contorno de Parcela en Rojo, vemos como se han caracterizado los espacios exteriores, calle, edificios, suelos y están colocadas las líneas de nivel.

II.4.- EL PROGRAMA DE NECESIDADES. NORMALIZACIÓN Y FORMALIZACIÓN.

-Este suelo Urbano cerca de La Puerta del Sol tiene un valor en mercado altísimo. Tenemos que aprovechar al máximo el mismo- me comenta el Promotor- Me lo ha querido comprar un Fondo de Inversión, para hacer un Hotel, pero quiero promover yo el suelo. He pensado en viviendas u oficinas para vender y sacarle más beneficio que a la venta del suelo. También me han ofrecido invertir si realizo una zona comercial o edificio de aparcamientos. ¿Puede hacerme un estudio de las posibles variantes y sus repercusiones económicas?

Relato del autor.

II.4.1.- ¿QUÉ ES EL PROGRAMA DE NECESIDADES?

Es el listado de todas las habitaciones o agrupaciones de las mismas que hay que ordenar para componer una planta arquitectónica. En el proceso de proyectación en planta este, es el primer paso. Saber que espacios va a contener el edificio parece una cuestión banal, pero dentro de la amplísima casuística a la que se enfrenta el arquitecto no lo es. La determinación de las habitaciones que contienen usos que queremos integrar en el proyecto es el proceso que desemboca en el Programa de Necesidades.

No vamos a analizar el Programa de Necesidades visto desde la Teoría de Arquitectura y su relación con el proyecto final, en cuestiones como: ¿condiciona el programa la forma del edificio?, ¿la forma de los edificios sin uso definido?, ¿la arquitectura como contenedor de espacios?, ¿edificios plurifuncionales?, ¿edificios envolventes de formas? Todas estas cuestiones han sido respondidas en el ámbito de la teoría de la proyectación, aspecto fuera del ámbito de esta investigación.

El programa de necesidades lo analizamos desde un punto más pragmático. Es necesario definirlo con exactitud, con el fin de que el procedimiento pueda ordenarlo, optimizarlo.

En este capítulo desarrollaremos todos los conceptos relacionados con el programa de necesidades y sus implicaciones en la optimización, desde un problema mínimo, pasando por las posibilidades de un edificio completo hasta una Ciudad o Plan de Ordenación Territorial. En todo caso el problema es el mismo, solo cambia la escala y por tanto el tamaño.

Se pretende en este capítulo ofrecer una aproximación que pueda abarcar toda la posible casuística para la creación de un programa de necesidades. Necesitamos generar las opciones y luego discriminarlas entre ellas hasta elegir la óptima.

Para cada programa de necesidades dado, el procedimiento nos ofrecerá una gama de soluciones posibles en planta.

II.4.2.- EL FORMATO DEL PROGRAMA DE NECESIDADES EN LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.

No existe un formato estándar para definir un programa de necesidades. En principio es una expresión genérica que define al conjunto de características espaciales y de uso que debe contener el edificio que estamos proyectando.

El Promotor de la Edificación le trasmite al arquitecto sus necesidades, de forma más o menos precisa, según sus conocimientos sobre el funcionamiento del edificio que se va a proyectar. El Programa de Necesidades define por tanto las piezas que queremos que se introduzcan en el Proyecto.

El Programa de Necesidades puede ser definido principalmente por:

- El Promotor: Definirá los requerimientos de Espacios Productivos. Por ejemplo: 10 viviendas de tal tipo, hotel de 300 habitaciones, centro comercial de tantos locales, etc. Puede realizar un programa preciso ó general.

- El Arquitecto podrá ser requerido por el promotor para que le aconseje una distribución de Programa de Necesidades que optimice mejor la parcela.

Estará complementada por:

- a) La Normativa: En base al tipo de proyecto, además de los requerimientos del Promotor, las normativas definirán determinadas estancias y superficies mínimas.
- b) El Arquitecto. Las Aportaciones Funcionales, de Circulación y Mantenimiento. En función de los requerimientos del promotor más las exigencias de las normativas, habrá que hacer una distribución en la cual hay que colocar distribuidores, espacios de circulación, patios de ventilación y espacios para instalaciones, etc. Según se va distribuyendo los espacios.

Programa de necesidades

El Excmo. Cabildo Insular ha optado por un programa máximo de 80 plazas residenciales y 15 de atención diurna. Analizadas las superficies por dormitorio simples/dobles en correspondencia con las zonas comunes, las superficies corresponderán, con pequeñas variaciones de superficie en función de la topografía, al siguiente cuadro:

	nº plazas	m2/plaza	superficie m2
plazas residenciales	80	55,00	4.400,00
plazas diurnas	15	15,00	225,00
total	95		4.625,00

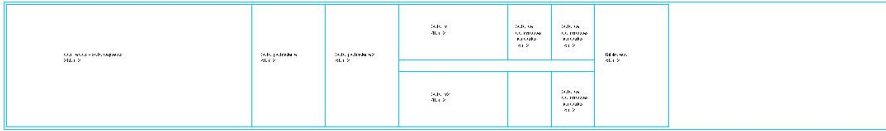
De todo lo expuesto, se considera el siguiente programa de necesidades mínimo aproximado, teniendo en cuenta la reglamentación aplicable a este tipo de centros y a sus dependencias:



- HALL
- 80 PLAZAS RESIDENTES
- ASEOS ZONAS COMUNES
- SALA DE REHABILITACIÓN
- ALMACEN
- SAUNA Y JACUZZI
- DUCHAS Y VESTUARIOS PERSONAL
- ENFERMERIA
- BAÑO DE ASISTIDOS
- OFFICE LIMPIEZA
- LAVANDERIA Y PLANCHADO
- OFFICE LENCERIA
- GARAJE
- 1 DORMITORIO PERSONAL
- CUARTOS INSTALACIONES
- RECEPCIÓN
- ADMINISTRACIÓN
- CONSULTA ENFERMERIA
- CONSULTA MEDICA
- SALA DE ESPERA
- ASEO SEÑORAS
- ASEO CABALLEROS
- ASEO ADAPTADO
- SALAS POLIVALENTES
- COMEDOR
- COCINA
- DESPENSA
- VESTUARIO PERSONAL
- CAPILLA

Fig. II.4.1. Programa de Necesidades del concurso público para la Residencia de Mayores de La Gomera. Como observamos es poco preciso y deja al arquitecto la Definición de las Habitaciones, espacios de circulación, cuartos de instalaciones, etc.

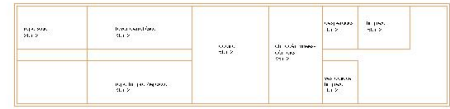
FUNCIONES CONVENCIONALES 757 M2 CONS. 508 UTILES



AREA DE ATENCIÓN SOCIAL Y SANITARIA 489 M2 CONS. 328 UTILES



PROGRAMA DE HOTELERÍA 298 M2 CONS. 200 UTILES



PROGRAMA DE ATENCIÓN DIURNA 316 M2 CONS. 212 UTILES



PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN - GESTIÓN 164 M2 CONS. 110 UTILES



PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA GENERAL 238 M2 CONS. 170 UTILES



PROGRAMA DE APOYOS COMUNES - 301 M2 CONS. 202 UTILES

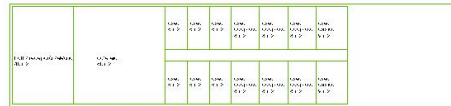


Fig. II.4.2. Dibujo con definición de superficies del Programa de Necesidades previo desarrollado durante la proyectación del mismo. Se van formando agrupaciones de usos. Con estas primeras distribuciones se empieza a ordenar la planta arquitectónica.

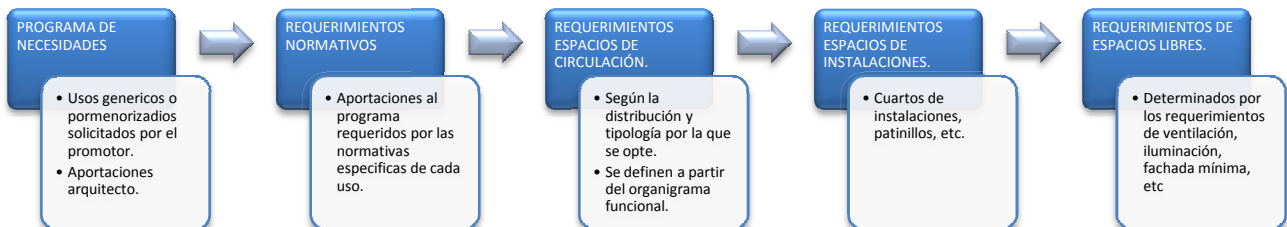


Fig. II.4.3. Diagrama de los requerimientos necesarios para configurar el Programa de Necesidades.

Generalmente el Programa de Necesidades está compuesto por las habitaciones principales y agrupaciones de usos principales, no estando definidos en el mismo los espacios de comunicaciones y habitaciones que dan servicio al resto.

En la Proyectación Arquitectónica Convencional el arquitecto empieza definiendo un programa básico y distribuyendo con él y aportando espacios de circulación según los valla necesitando. La colocación de los patios y núcleos de comunicaciones son decisiones estratégicas que van cambiando según la distribución responda a la situación de los mismos.

II.4.3.- UN EJEMPLO DE ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA: LA ARQUITECTURA DIAGRAMÁTICA DE KAZUYO SEJIMA.

Presento el siguiente ejemplo de arquitectura contemporánea que aplica directamente el programa de necesidades en sus proyectos, no solo como instrumento de orden en la proyectación, sino llevándolo hasta sus últimos extremos hasta convertirlo en un instrumento de definición formal. He querido mostrar este ejemplo para dar una idea de la importancia que adquiere el Programa de Necesidades y lo hago en este momento, antes de entrar en los procedimientos.

La arquitectura de Sanaa (Kazuyo Sejima y Ryue Nishizawa) es modular y, a la vez, diagramática. Lo que propone no es una forma definida como resultado sino una modulación. Su obra parte del programa de necesidades que se convierte en organigrama y éste a su vez en un diagrama que se mantiene como base esencial del proyecto. En toda su obra existe esta voluntad de refundar la arquitectura a partir de una fidelidad matemática al programa. Los proyectos para el *Teatro y Centro Cultural en Almere*, Holanda (1998) y para el *Museo de Arte Contemporáneo de Kanazawa* (1999) demuestran claramente esta opción de otorgar todo el protagonismo a un **diagrama de funciones** que define compartimentos, grandes y pequeños, espacios de relación y patios y que se convierte en volúmenes de diversas alturas según su función y percepción. Sejima considera que una arquitectura que sea definida y precisa en su estructura funcional-diagramática formal, tendrá más capacidad de ser adaptable y transformable.

En sus esquemas de organización definen las relaciones espaciales fundamentales que constituyen el proyecto, por lo que sus organigramas funcionales tratan cuestiones tipológicas fundamentales: modos de agrupación y compartimentación, concentración o dispersión, compacidad y disgregación, etc. En la monografía que dedica a este estudio de arquitectos la revista *Croquis* nº 139 en 2007, se explica su intención de abolir las jerarquías en las plantas de sus proyectos, con el fin de establecer equivalencias entre las partes que componen la obra.

Los autores manifiestan en la memoria del proyecto para el *Teatro y Centro Cultural en Almere* que la planta está formada por un rectángulo que se subdivide en otros menores de diferentes tamaños, siendo todos ellos de la misma categoría, y la planta se reduce casi a un patrón geométrico. El criterio de organización es simplemente el de compartimentar la planta en un conjunto de rectángulos y cuadrados directamente adosados dentro del perímetro rectangular. El edificio es un claro ejemplo de flexibilidad, entendida como intercambiabilidad de usos:

“Queríamos generar una planta sin jerarquías, un edificio público, en el cual todos los espacios de circulación y de aulas tuvieran el mismo tratamiento espacial” en concreto “Tener habitaciones de diferentes tamaños es siempre necesario. Por tanto se pueden coger los rectángulos creados al subdividir la planta rectangular general y asignar a un rectángulo una función de habitación y a otro la de pasillo o la de patio...esta es la razón por la que es flexible. Un rectángulo puede ser una habitación en un momento y un espacio de circulación en otro”⁴¹

⁴¹ Jun Aoki: *‘La flexibilidad de Kazuyo Sejima’*. Pasajes de arquitectura y crítica nº 29.

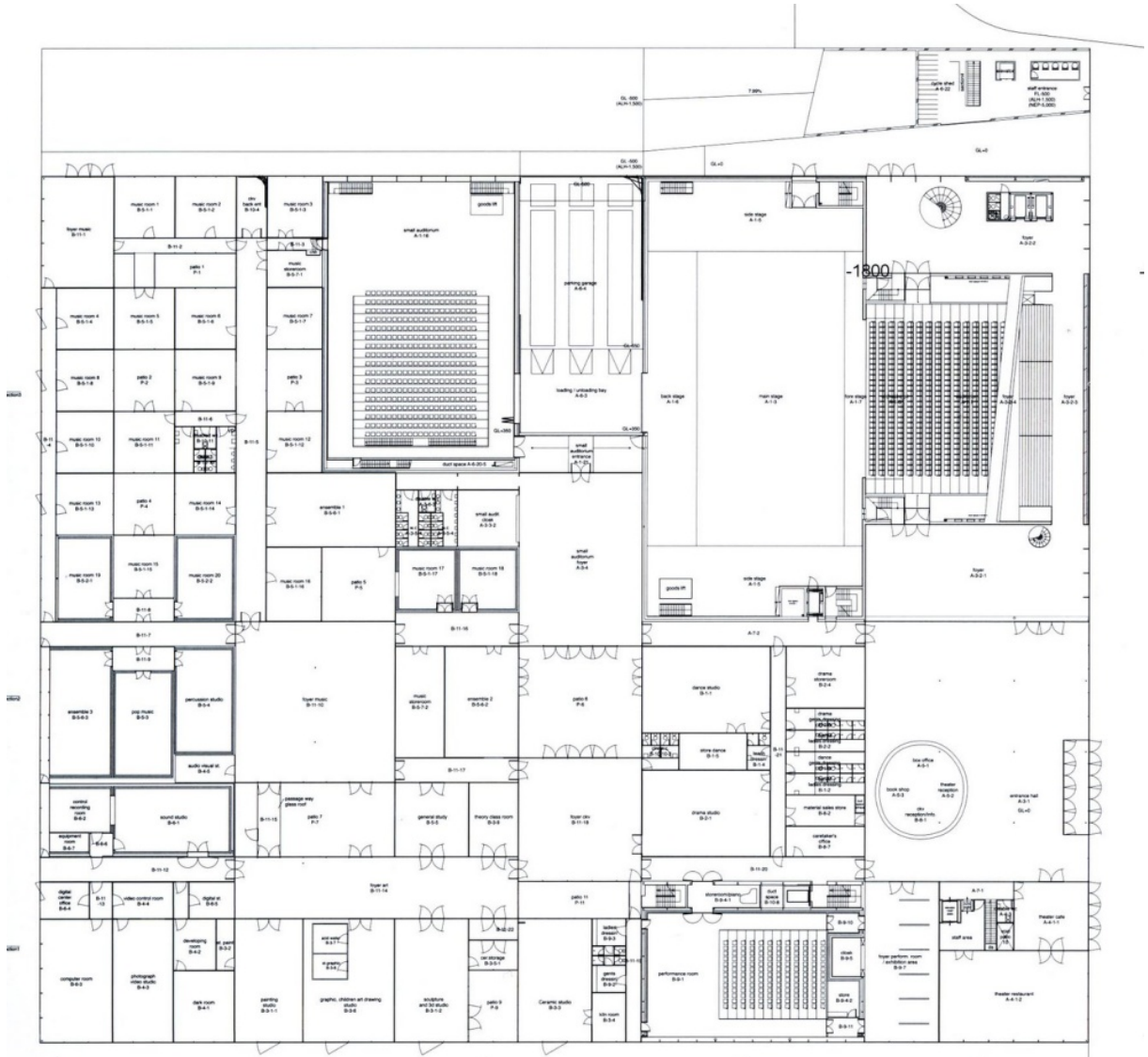
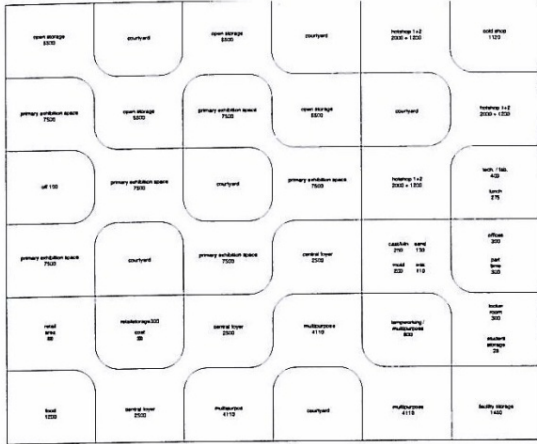
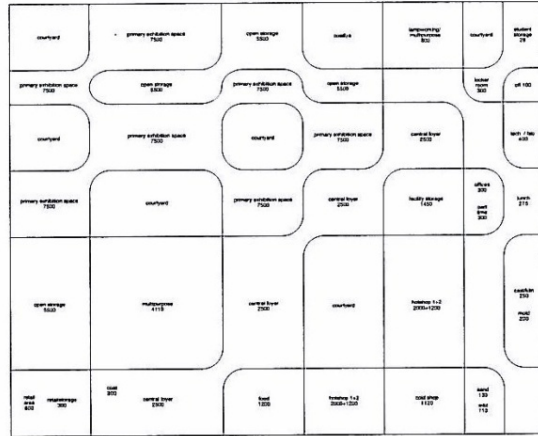


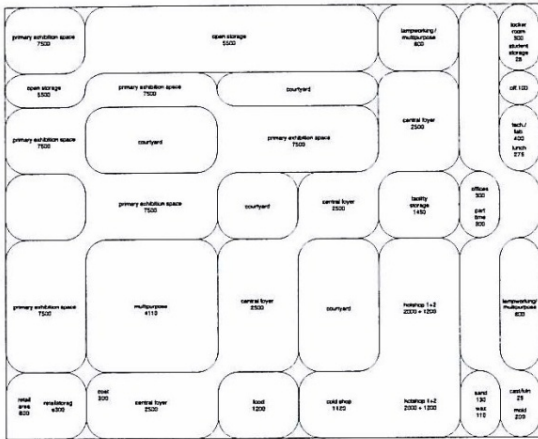
Fig. II.4.4. Planta de proyecto Teatro y Centro Cultural en Almere. Holanda. 1998-2006



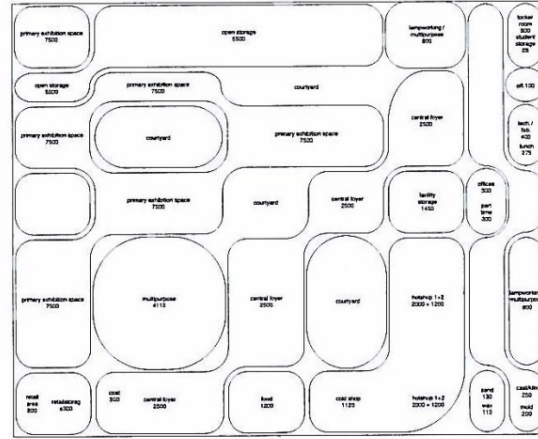
En el centro del parque proponemos una retícula modular. Las salas uniformes sobre retículas uniformes carecen de conexiones diagonales. Cuando esta relación resulta necesaria, se emplean las curvas para establecer una conexión en diagonal.
 At the center of the park, we impose a modular grid. Uniform rooms on uniform grids do not have diagonal connections. Where this relationship proves necessary, curves are used to connect in the diagonal direction.



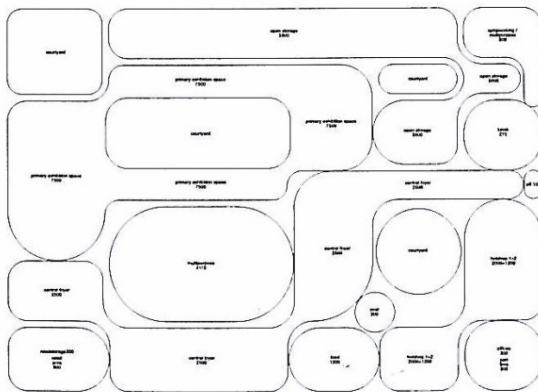
Para adaptarse al programa, la retícula uniforme se ajusta para transformarse en una retícula rectangular. Aquellos lugares en los que las salas rectangulares quedan conectadas por paredes curvas son buenos. Sin embargo, empezamos a pensar que una curva en una sola esquina de una sala es algo espacialmente desagradable. To meet the program, the uniform grid is adjusted to become a rectangular grid. The places where rectangular rooms are connected by curved walls are good. However, we begin to think that a curve at just one corner of a room is spatially unpleasant.



Todas las salas tienen esquinas en curva, y no en ángulo. Creemos que las salas con esquinas en curva son más independientes.
 All rooms are made by curved corners, not angled corners. We find rooms with curved corners to be more independent.



Originalmente, un muro era compartido por dos salas. Los muros dobles hacen que cada sala sea independiente. Originally, one wall was shared between two rooms. Double walls make each room independent.



El diseño esquemático nos condujo al proyecto actual. El espacio entre los muros es utilizado como zona de amortiguación.
 Schematic design directed us to the current scheme. The space between the walls is used as a buffer zone

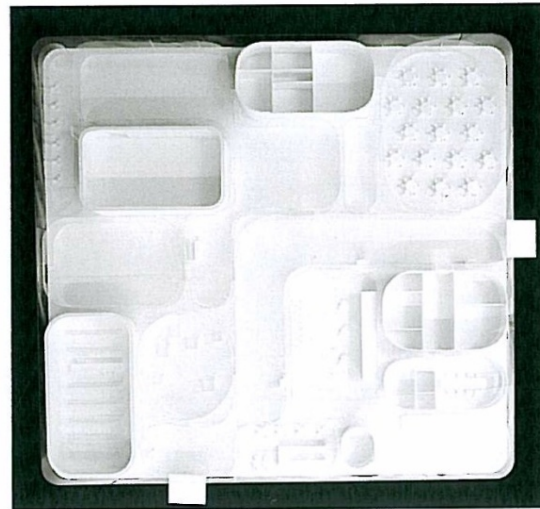


Fig. II.4.5. Pabellón del vidrio en el museo de arte de Toledo, Ohio, Usa. 2001/2006. Evolución de diagrama a partir de retícula modular.

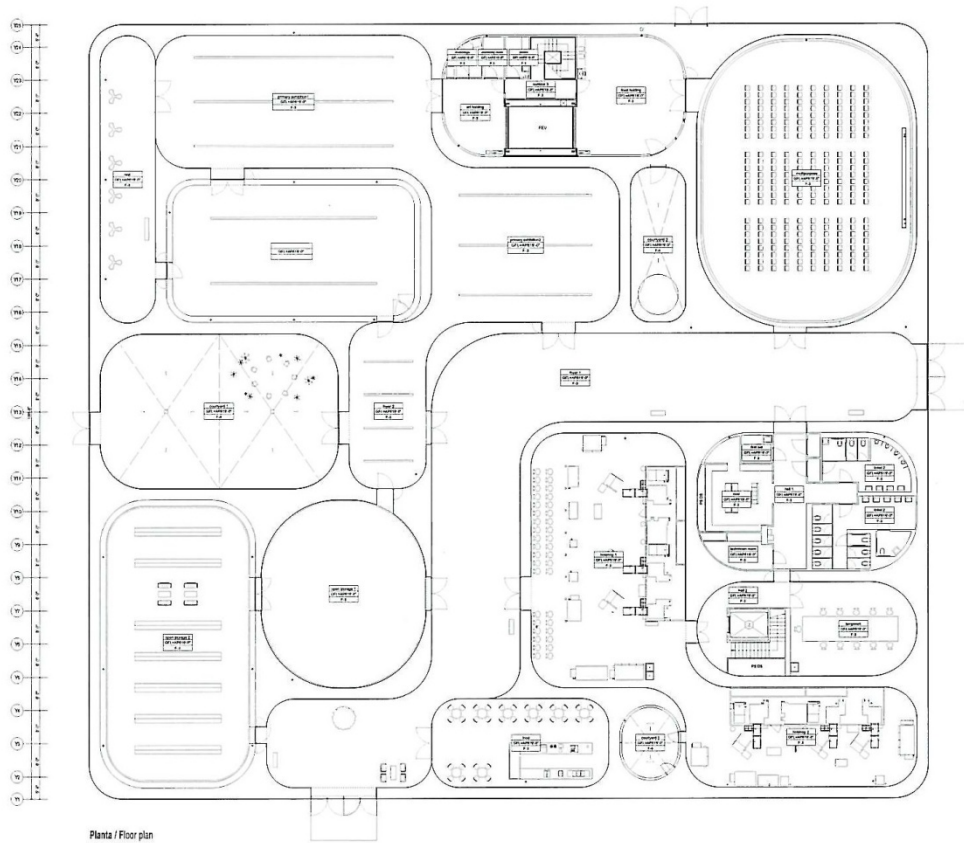


Fig. II.4.6. Definición de la Planta de Proyecto.

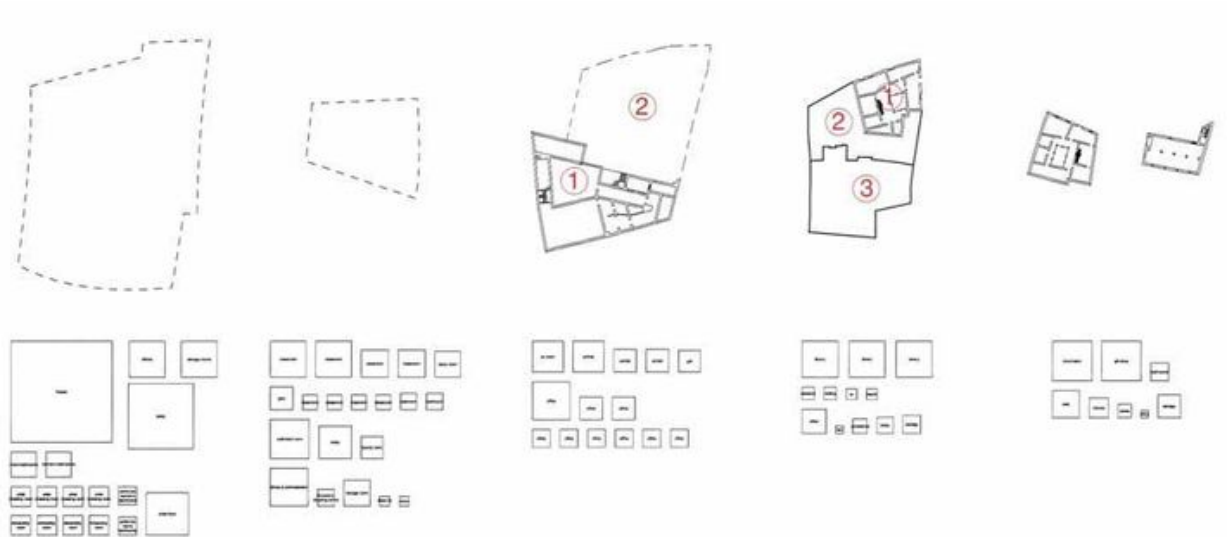


Fig. II.4.7. Esquemas programa de necesidades para concurso Ciudad del Flamenco, Jerez. 2004

II.4.4.- EL FORMATO DEL PROGRAMA DE NECESIDADES EN LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA DE LA MÁQUINA. TEORÍA DEL PROYECTAR ALGORITMIZABLE.

La máquina necesita de un Programa de Necesidades totalmente definido hasta la última habitación, dado que esas serán las piezas que el va a colocar. Cuando empiece a optimizar, si le falta alguna habitación, la optimización se basará en un conjunto no completo, por tanto no será válida, dado que si le introduces la habitación posteriormente, puede que ya no sea óptima.

Para que un Programa de Necesidades sea Completo debe constar de:

- a) **Espacios de Programa.** Consta de las habitaciones y unidades Funcionales requeridas por el promotor o sugeridas por el arquitecto. Lo denominaremos Sistema Productivo. Dado que son los espacios que van a tener valor en la edificación.
- b) **Espacios de Circulación.** Consta de todas las habitaciones que tienen la única función de conectar las habitaciones del Programa.
- c) **Espacios de Servicio.** Consta de todas las habitaciones necesarias para que el edificio funcione y suministre los servicios a las habitaciones de programa. Habitaciones para contener instalaciones, mantenimiento, contra incendios, seguridad, etc.
- d) **Espacios Libres.** Consta de los espacios libres, patios, plazas, calles, etc. Para la máquina y su optimización un espacio libre u construido no tienen ninguna diferencia más allá de las características de que les dotamos. Son una pieza más a colocar.

II.4.5.- PROGRAMA DE NECESIDADES BÁSICO Y PROGRAMA DE NECESIDADES COMPLETO.

Para la Proyección Máquina, vamos a diferenciar el Programa de Necesidades Básico del Programa de Necesidades Completo.

El **Programa de Necesidades Básico (P.N.B.)** comprende los Espacios de Programa (Sistema Productivo). Es el fin último de la distribución. Pero a un P.N.B. le corresponden en sus desarrollos múltiples **Programas de Necesidades Completos (P.N.C.)**. Es decir con un P.N.B. hay muchas combinaciones para desarrollar todos los P.N.C.

Sea el siguiente ejemplo, como P.N.B. tenemos un edificio para 20 viviendas de 2 Dormitorios. Podemos optar por 1 patio, 2 patios, 3 patios, ningún patio, 1 Núcleo de comunicaciones, 2 núcleos, 3 núcleos y según se opte por unas opciones u otras se crearán sus espacios de servicio asociados. Es decir, para un programa Básico aparentemente sencillo aparecen múltiples opciones de Programas Completos. La máquina analiza opciones, por ello debemos de proveerla de la capacidad de crear y seleccionar la mejor opción.

Para que el procedimiento pueda optimizar necesita los Programas de Necesidades Completos, para ello a partir de los P.N.B. debe crear todas las opciones y crear un árbol con ella, para luego seleccionar el P.N.C. que de los óptimos.

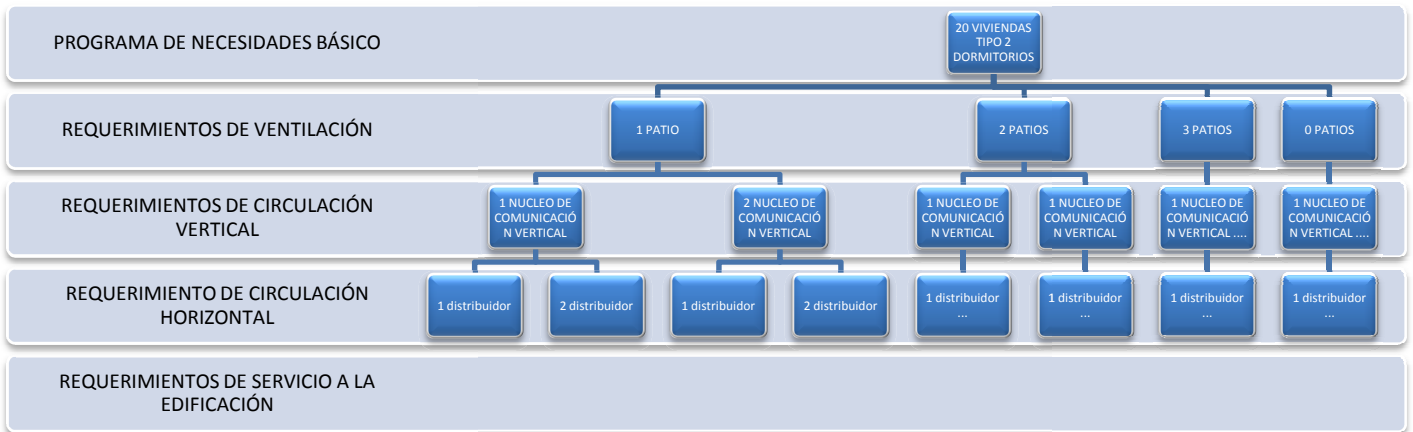


Fig. II.4.8. Árbol de los P.N.C creados a partir de un P.N.B. Observamos que sin aportar un gran número de variables obtenemos 16 opciones de PNC.

II.4.6.- ELECCIÓN DEL PROGRAMA DE NECESIDADES BÁSICO ÓPTIMO.

El Programa de Necesidades Básico, como hemos dicho anteriormente, lo propone el Promotor de la Edificación. Hay dos opciones: que sea un Programa Cerrado ó un Programa Abierto a Optimizar:

- A. PROGRAMA DE NECESIDADES BÁSICO CERRADO: El promotor solicita un número concreto de unidades que deben formar parte del proyecto. Generalmente los concursos de Proyectos para la administración son de este tipo. Ver imagen del Programa de Necesidades de la Residencia de Mayores Fig. II.4.1.
- B. PROGRAMA DE NECESIDADES BÁSICO ABIERTO: El promotor solicita un estudio de opciones de Programa de Necesidades para obtener el mayor rendimiento de la parcela. Esto implica que el proyecto más óptimo es el que haya conseguido la mayor superficie de Programa Básico en relación al Programa Completo, es decir, el mayor número de viviendas y menor cantidad de espacio de comunicaciones y patios. Un ejemplo: Tengo una parcela para un Centro de Mayores, estúdiame un proyecto con el nº de habitaciones máximo. La normativa en Centros Asistenciales es muy restrictiva de forma que por cada habitación se requerirán unas superficies mínimas de servicios. Se creará un árbol con las opciones de PNB posibles y se calculará con ellos.

II.4.7.- CREACIÓN DEL ÁRBOL DE PROGRAMA DE NECESIDADES COMPLETO.

Una vez tengamos definido el Programa de Necesidades Básico ó un árbol de opciones de P.N.B., tendremos que generar las opciones de Programas de Necesidades Completos a partir de los P.N.B.

Basándonos en los requerimientos iniciales del promotor y las restricciones de uso para la parcela de la normativa se crearán automáticamente el árbol de Programas de Necesidades Básico. Cuantas más restricciones el árbol será menor. El programa de Necesidades completo, a su vez, se generará de forma automática a partir del P.N.B. y sus determinaciones. ¿Cómo se generan automáticamente? Lo explicaremos en los Capítulos sucesivos.

- A. PROGRAMA DE ESPACIOS PRODUCTIVOS:** Define las características de cada una de las habitaciones (o agrupación de ellas) a partir de los requerimientos del promotor, ya sea cerrado ó abierto.
Corresponde al Programa de Necesidades Básico.
- B. PROGRAMA DE ESPACIOS DE CIRCULACIÓN:** Define las características de cada una de las habitaciones (o agrupación de ellas) de Circulación. Se definen a partir del árbol de posibilidades del Organigrama Funcional que va a corresponder a cada PNB. (Ver capítulo 5).
- C. PROGRAMA DE ESPACIOS LIBRES:** Define las características de cada una de las habitaciones (o agrupación de ellas) de Espacios Libres. Se definen a partir de los requerimientos del PNB y de las normativas asociadas a los mismos. (Ver capítulo 6).
- D. PROGRAMA DE ESPACIOS DE SERVICIOS:** Define las características de cada una de las habitaciones (o agrupación de ellas) de Espacios de Servicio. Se definen a partir de los requerimientos de los 3 tipos de espacios definidos anteriormente.



Fig. II.4.9.- Esquema de contenido de un Programa de Necesidades Completo.

II.4.8.- EJEMPLO REAL DE UN PROGRAMA DE NECESIDADES PROPUESTO POR EL PROMOTOR.

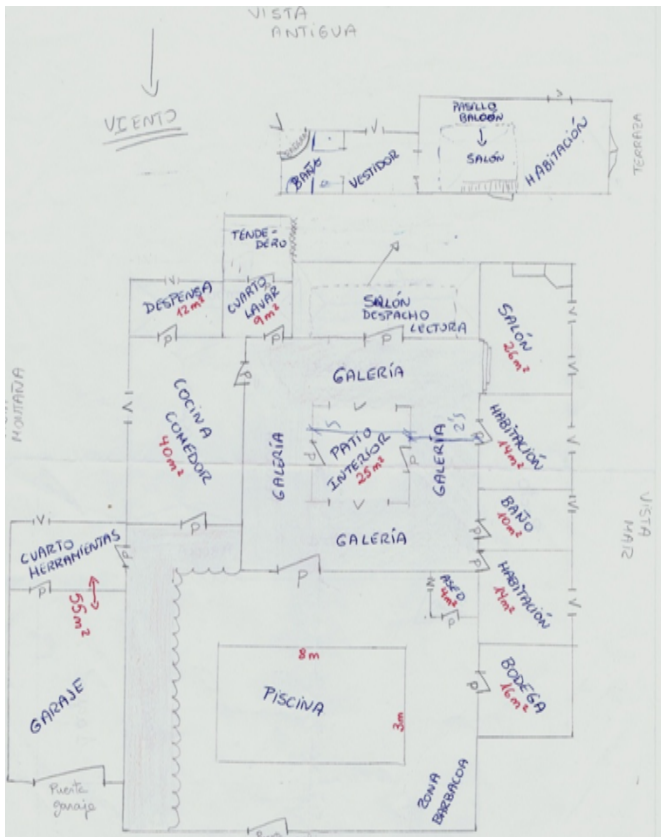


Fig. II.4.10. Croquis entregado por el cliente al arquitecto, donde le está sugiriendo un Programa de Necesidades con superficies y le está indicando cómo quiere que se distribuya, cómo le gustaría vivir...

Vemos en la Ilustración que en una primera reunión con el cliente, este nos muestra un Programa de Necesidades bastante definido, incluyendo los metros cuadrados que estima para cada habitación.

Ha incluido patios, ventanas y puertas, una zonificación básica entre zonas públicas y privadas y la definición del atillo.

Solicita una vivienda de 4 dormitorios, 2 salones, cocina-comedor, despensa, solana, patio interior, patio tendadero, garaje y cuarto trastero. Dos baños, un aseo y una bodega.

A continuación se muestra la formalización final del proyecto. Se han adaptado a la inclinación del terreno y se ha ajustado el Programa de necesidades tanto en dimensiones de las habitaciones, como en cantidad.



Fig. II.4.11. Proyecto Realizado. En el Programa de Necesidades Final se han eliminado algunas estancias y se han recolocado otras.

II.4.9.- DATOS GENERADOS A PARTIR DE UN PROGRAMA DE NECESIDADES.

El Programa de Necesidades es la herramienta que va a trasladar a la máquina los datos de los espacios a distribuir. Son requerimientos internos de cada célula para su buen funcionamiento, independientes de su posición en el edificio y de qué tengan alrededor. Del programa de necesidades obtenemos:

- **Cuadro de Formas.** Datos de superficie y forma.
- **Cuadro de Contactos con Espacios Libres.** Datos de huecos de iluminación, ventilación y fachada mínima.
- Datos de los Pasos de Salida y Entrada de las Habitaciones para crear los Organigramas Funcionales y sus **Cuadros de Contactos entre Habitaciones.**
- **Cuadro de Condiciones de Contorno.** Datos de sus condiciones de contorno, es decir, condiciones que tiene que tener su piel en contacto con otras células, (acústicas, térmicas, seguridad, etc.)

Con estos cuatro conjuntos de datos, más la parcela, se realiza la optimización de la distribución en planta de la edificación.

Además de los datos necesarios para la distribución en planta, se puede definir en cada una de las habitaciones del programa cualquier dato intrínseco a esa unidad y que podrán ser utilizados para otras partes del proyecto.

- **Cuadro de Materiales.** Se pueden definir todos los materiales que componen la habitación, suelos, techos, puertas, ventanas. Luminarias, etc. Con estos una vez optimizado se puede sacar una **medición y presupuesto**. Se puede obtener un Render 3D al aplicar materiales a la planta.
- **Cuadro de Mobiliario.** Se pueden definir todo el mobiliario necesario para el funcionamiento de la habitación. Produciría una representación en planta del mismo acompañando a la optimización. Se puede aplicar al Render 3D.
- **Cuadro de Instalaciones.** Se pueden definir los requerimientos según normativa o usuarios de las instalaciones, (puntos eléctricos, fontanería, etc.)

La designación de estos datos puede ser previa a la distribución ó posterior dado que no influyen en la misma.

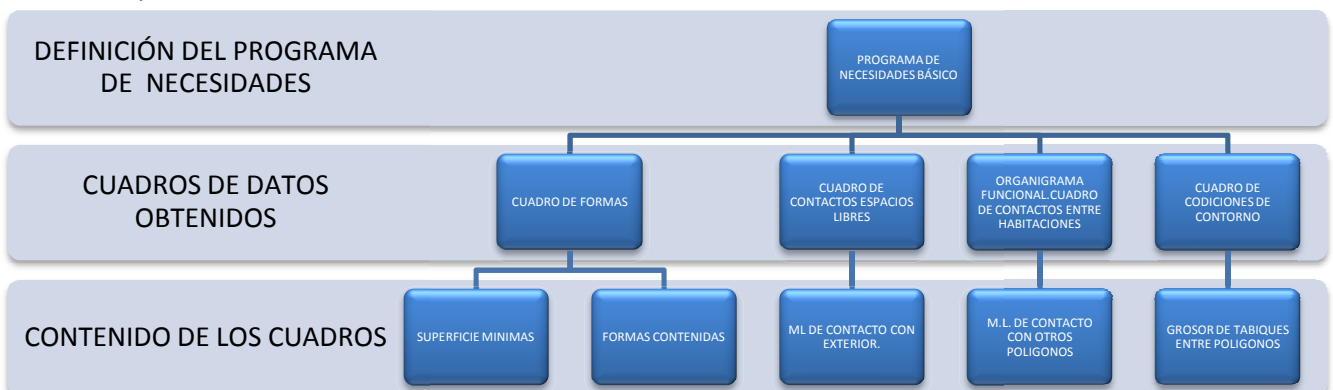


Fig. II.4.12. Esquema de datos obtenidos una vez definido el Programa de Necesidades.

II.4.10.- JERARQUÍA Y ESCALA EN EL PROGRAMA DE NECESIDADES Y EL ORGANIGRAMA FUNCIONAL.

Los Programas de Necesidades y Organigramas se pueden simplificar agrupando habitaciones en conjuntos que tienen un funcionamiento autónomo dentro de la Edificación de forma que, en un edificio complejo con diversidad de usos y funcionamientos, lo podemos simplificar aplicándole diferentes escalas.

Las unidades que componen una Jerarquía Escalar deben poder funcionar de forma autónoma.

- **E1: DEFINICIÓN GENERAL POR USOS DE FUNCIONAMIENTO INDEPENDIENTE.**
Se agrupan por usos, de forma que el residencial, oficinas, comercial y aparcamiento necesitan un acceso independiente desde la calle. No se mezclan las circulaciones.

- **E2: DEFINICIÓN INTERMEDIA POR AGRUPACIONES DE FUNCIONAMIENTO INDEPENDIENTE.**
Dentro de cada uso, se dividen por unidades de explotación funcionalmente independientes. Se definen las viviendas, los locales, las oficinas y los aparcamientos individualizados.

- **E3: DEFINICIÓN PORMENORIZADA POR HABITACIONES.**

Se definen cada una de las habitaciones de la edificación.

Los tres Programas a diferentes escalas representan el mismo edificio. Cada Programa según la escala, produce unos Cuadro de Formas y de Contactos. El cuadro de contactos E1 tiene menos parámetros que el E3, de forma que a la hora de optimizar edificios muy complejos optimizamos en E1 y cuando tengamos resultados bajamos de escala, es decir afinamos el resultado.

Cada proyecto puede tener diferentes jerarquías escalares según la complejidad del mismo y la posibilidad de creación de agrupaciones de funcionamientos.

Vamos a mostrar un ejemplo en E1, E2 y E3, que luego aparecerá en el Organigrama Funcional para ejemplificar el desarrollo de un P.N.B. Se trata de una edificación que tiene viviendas, oficinas, locales comerciales y aparcamientos, tanto privados como de alquiler.

El edificio está compuesto por las siguientes unidades a distribuir:

PROGRAMA DE NECESIDADES- 4 UNIDADES A DISTRIBUIR.

E1:ESCALA GENERAL: UNIDAD MÍNIMA: USOS DE FUNCIONAMIENTO INDEPENDIENTE

EDIFICIO - INDIVIDUO

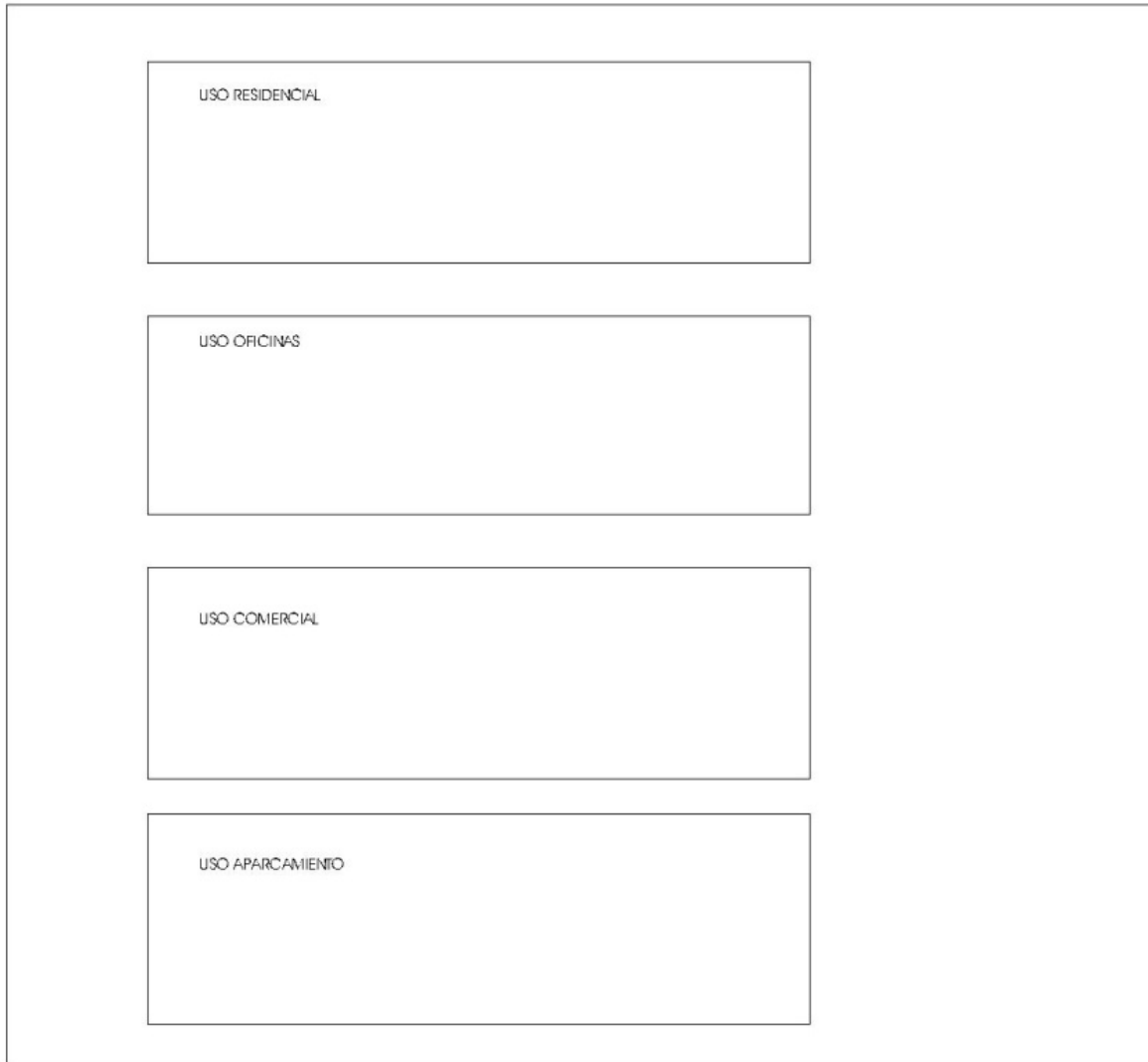


Fig. II.4.13. Representación del Programas de Necesidades Básico en escala E1.

E1: En esta escala solo tenemos que distribuir cuatro unidades, cada una de ellas con sus características:

- USO VIVIENDAS
- USO OFICINAS
- USO COMERCIAL
- USO APARCAMIENTO

PROGRAMA DE NECESIDADES - 65 UNIDADES A DISTRIBUIR.
E2: ESCALA INTERMEDIA: UNIDAD MÍNIMA: AGRUPACIONES DE FUNCIONAMIENTO

EDIFICIO - INDIVIDUO

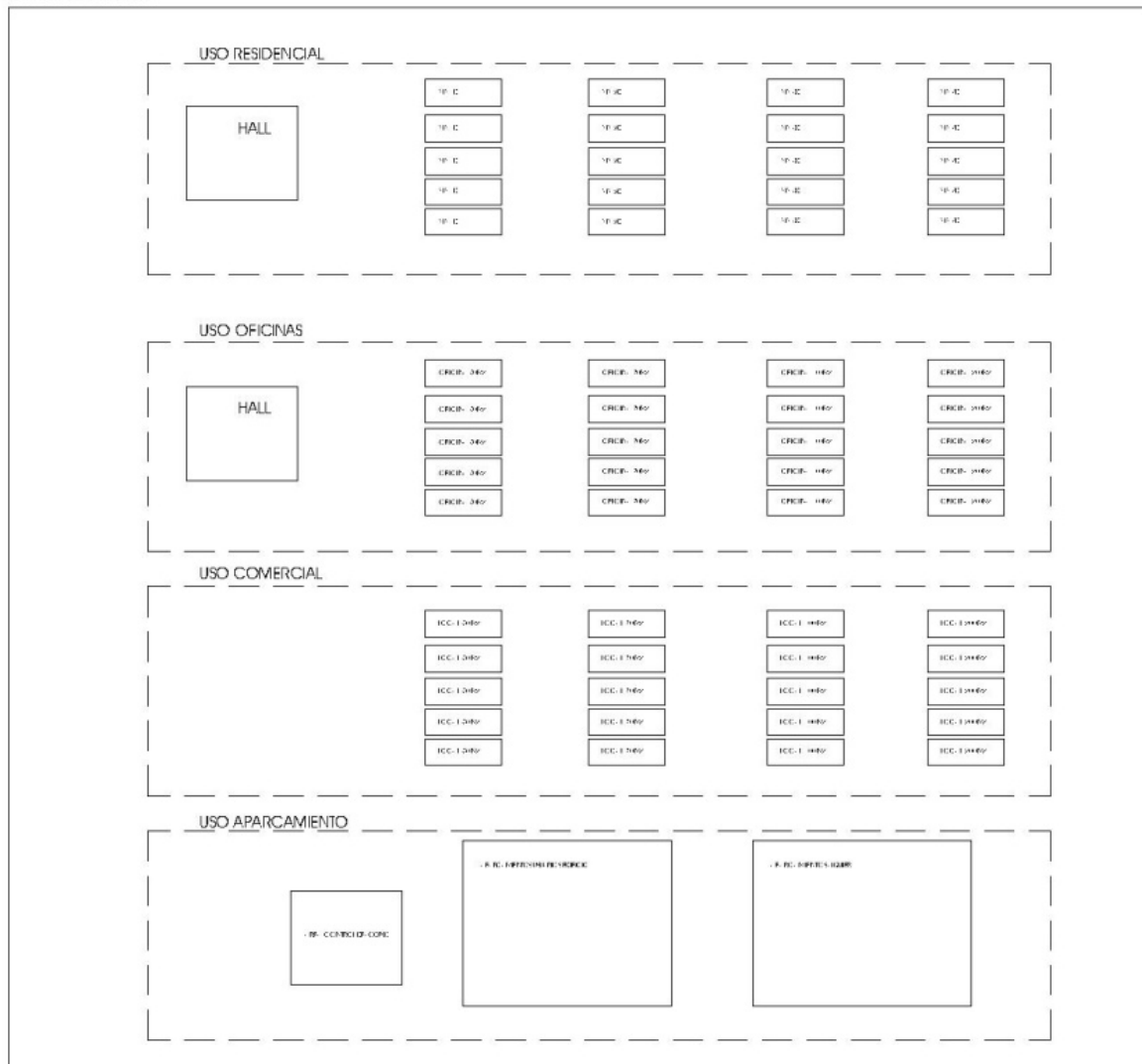


Fig. II.4.14. Representación del Programas de Necesidades Básico en escala E2.

E2: En esta escala se ubican todas las células contenidas en la anterior describiendo las mismas según usos. Resultado:

- USO VIVIENDAS: 25 viviendas de 1, 2, 3, 4, 5 dormitorios.
- USO OFICINAS: 25 Oficinas de diferentes Tamaños.
- USO COMERCIAL: 25 Locales de Diferentes tamaños.
- USO APARCAMIENTO: 2 áreas de aparcamiento, una privada y una pública de alquiler.

PROGRAMA DE NECESIDADES 453 UNIDADES A DISTRIBUIR
 E3: ESCALA PORMENORIZADA: UNIDAD MÍNIMA: HABITACIÓN.

EDIFICIO - INDIVIDUO

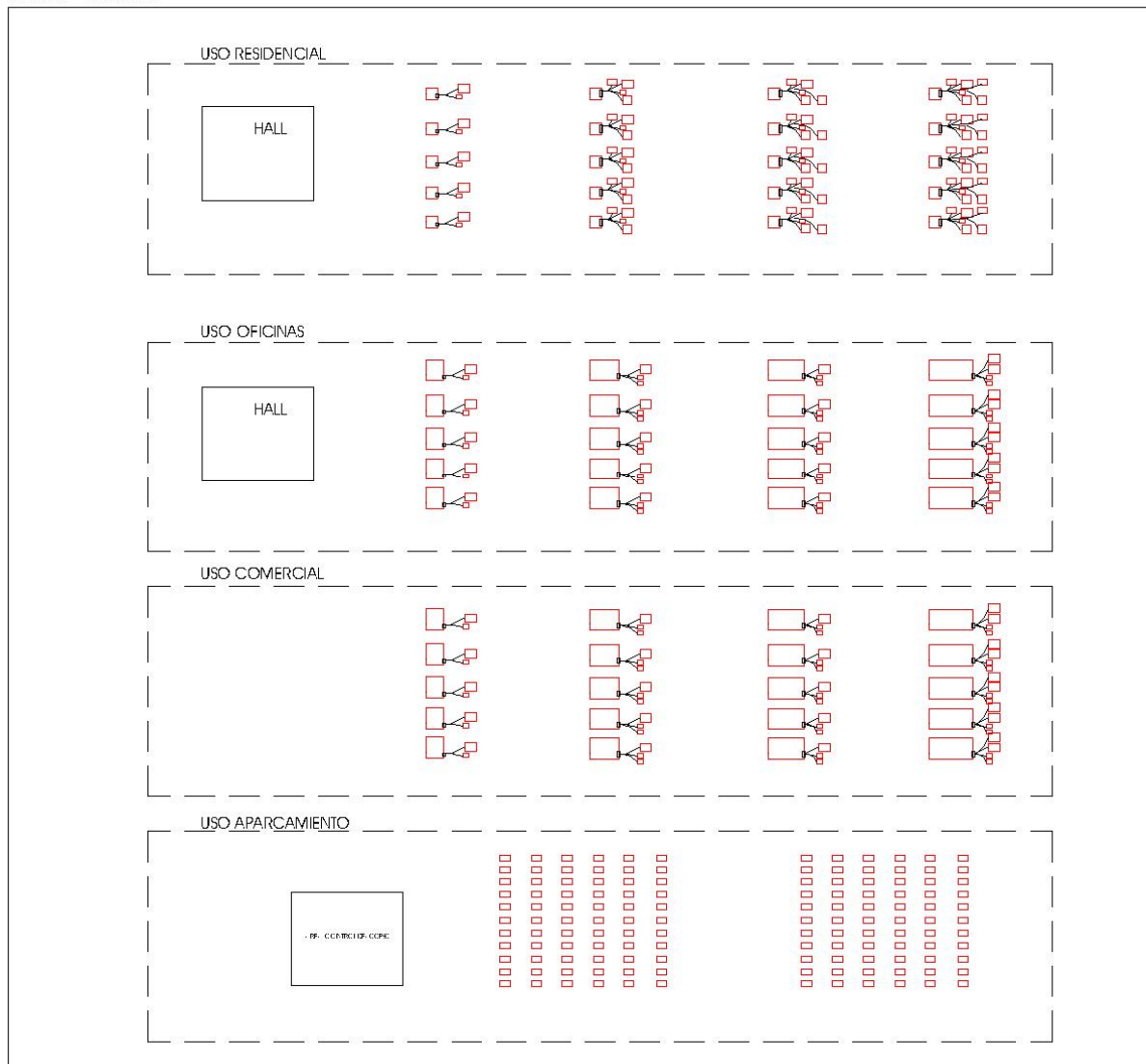


Fig. II.4.15. Representación del Programas de Necesidades Básico en escala E3.

E3: En esta escala subdividimos cada uno de las agrupaciones anteriores en las unidades mínimas, las habitaciones finales.

Cada nivel genera sus cuadros de datos para codificarlas con la finalidad de y optimizar.

II.4.11.- DESCRIPCIÓN PORMENORIZADA DE DATOS CONTENIDOS EN UN PROGRAMA DE NECESIDADES.

Describimos a continuación las características de que consta cada unidad de un programa de necesidades. Empezaremos describiendo la unidad mínima, “la célula”, luego “el órgano”, “el individuo”, etc., es decir, partiendo de la menor escala y avanzando hacia la mayor.

II.4.11.1.- UNIDAD MÍNIMA. LA CÉLULA. LA HABITACIÓN. LA CABAÑA PRIMITIVA. E3.

La unidad mínima es la habitación. Es el espacio encerrado entre unos límites, con un uso, función, dimensiones, características y relaciones establecidas.

En 1753, el abate francés Marc- Antoine Laugier (1713-1769) establece su teoría sobre la cabaña primitiva, como primer edificio o forma de cobijo, mediante el sistema primitivo de columna-entablamento-frontispicio. Para este autor, al igual que lo era para Vitrubio, es la síntesis de la íntima conexión entre arquitectura y naturaleza, como así lo demuestra su estructura natural de troncos-columnas.⁴² Se puede considerar que la unidad mínima, “la cabaña primitiva” constituía la primera edificación, donde se realizaban todos los usos necesarios para el hombre. Es el elemento mínimo de una planta arquitectónica. Si consideramos a la planta arquitectónica como un organismo vivo, la habitación es una célula, una célula que constituye tejidos, órganos y sistemas, que se organiza para dar vida a un individuo. La cabaña primitiva, sería nuestro primer organismo unicelular autopoietico.

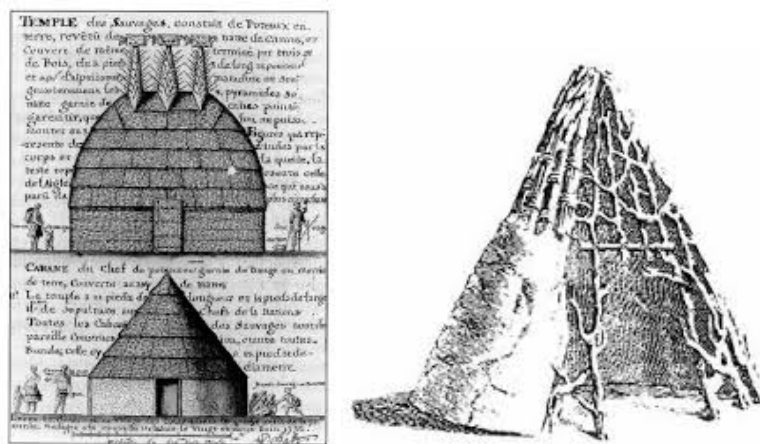
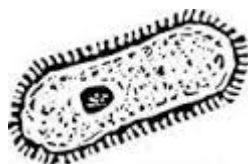


Fig. II.4.16. Analogía biológica de la Cabaña Primitiva y un organismo unicelular⁴³



⁴² Calatrava Escobar, Juan A. *Arquitectura y naturaleza: el mito de la cabaña primitiva en la teoría arquitectónica de la ilustración*. *Gazeta de antropología*. 1991 p. 85-99.

⁴³ Joseph Rykwert, *La casa de Adán en el paraíso*. Barcelona. Editorial Gustavo Gili, 1999.

El uso de la habitación es el que determina sus características. Consideramos habitación a un espacio definido limitado por elementos físicos o no. En general los usos se asocian a la actividad humana y esta cualidad es la que definirá su forma y características, pero no siempre. Las características de una habitación serán las necesarias para su uso según el tipo de usuario, no siempre correspondiendo a un ser humano. Por ejemplo, en un zoológico las habitaciones vendrán definidas por la “habitabilidad” necesaria para los animales, en un aparcamiento por la “habitabilidad” de los coches o en una industria por la “habitabilidad” de las máquinas. Entendiendo que la habitabilidad se ocupa de asegurar las condiciones mínimas de salud y confort en los edificios destinados a las personas, ampliando el concepto, la habitabilidad en esta tesis tratará de asegurar las condiciones de uso adecuado para cualquier otro tipo de “usuario” no humano.

DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE UNA HABITACIÓN - CÉLULA - POLÍGONO. Un programa de necesidades vendrá definido por un conjunto de habitaciones requeridas, cada una con una denominación, sus condiciones y requerimientos intrínsecos a su/s uso/s ya sean definidas desde inicio, por normativas de sus usos en concreto o por la experiencia y/o experimentación del proyectista. Características de la Unidad Mínima:

1.-DENOMINACIÓN: Las habitaciones se denominan según el uso al que van a ser destinadas: dormitorios, cocina, sala espera, sala de proyección, crematorio, etc. Según la unidad funcional a la que pertenezcan, según el edificio, etc. El nombre irá definiendo los diferentes conjuntos a los que pertenece.

Por ejemplo: Dormitorio 1, vivienda 6, bloque 4. D1V6B4.

2.-FORMA: Las características geométricas de una habitación estarán definidas para un uso concreto. En general las formas son libres y adaptables, pero comúnmente ortogonales. Las plantas de viviendas tanto las modernas como las tradicionales están mayoritariamente conformadas por rectángulos unidos. Desde la antigüedad hasta el presente.

Solo viviendas muy primitivas (chozas, cabañas) no son rectangulares, pero aún así responden a figuras geométricas racionales, cilindros, conos, etc. La construcción es un acto racional y condiciona la forma. Por tanto, la ortogonalidad es una cualidad de la forma de las habitaciones y edificios, que viene influenciada por los materiales, técnicas constructivas y técnicas de proyectación.

En arquitectura se condicionan las formas comúnmente con mínimos:

A. Debe contener una forma geométrica mínima.

Dormitorio 1 cama: rectángulo 1,4 x 2m.

Patio: Circulo de 3 m. diámetro.

Pasillo: Ancho mínimo 1m.

B.- Si no se define la forma con unas dimensiones mínimas los arquitectos sobreentendemos que lo mínimo va a ser 0,9 m x 0,9 m. para cualquier uso humano. Habrá que manejar pues unas restricciones generales.

Ejemplo: Se trata de evitar que se creen habitaciones de 10 cms de ancho.

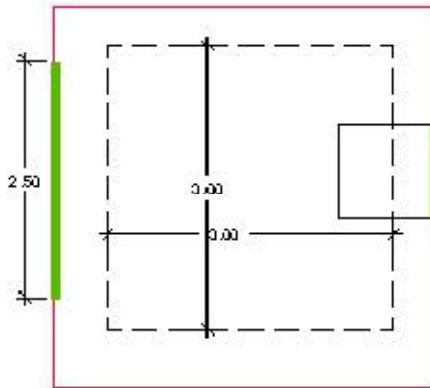


Fig. II.4.17. Expresión gráfica de una habitación uso salón de vivienda residencial, que debe contener un 3 x 3 interior y una superficie de 16 m². Vemos la representación de una fachada mínima de 2,5 m.

3.- SUPERFICIE MÍNIMA: Se pueden definir mínimos de superficie para un uso determinado. En general las normativas ofrecen mínimos para usos humanos y estándares de calidad.

4.- USUARIO: Define el usuario/s de la habitación. Este dato será necesario para realizar los Organigramas Funcionales por Flujos de Usuarios (II.5) y los controles de paso.

EJ: Para una vivienda unifamiliar solo hay un tipo de usuario, que es el propio residente, y que puede acceder a todas las habitaciones y realizará algún tipo de actividad en todas ellas. En un Hotel, habrá diferentes usuarios de los espacios: clientes, clientes premium, servicio de limpieza, servicio de cocina y camareros, etc., Habrá diferentes flujos de circulación que se materializarán en diferentes distribuidores.

5.- USO: Define el uso general de la habitación. Al definir un uso por ejemplo: dormitorio de dos camas, la mayoría del resto de parámetros se configura solo, dado que responden al uso.

6.- CIRCULACIÓN INTERIOR: Define si se permite circular por la habitación para acceder a otra o no. Es decir, clasifica la habitación en:

- **FINALISTA:** En esa habitación acaba la circulación de un flujo determinado. El Organigrama Funcional acaba en esa habitación. P.E: Dormitorio.
- **DE TRANSICIÓN:** Se permite usar la habitación no sólo para su uso propio, sino también para circular a otras habitaciones. P.E: Salón que da acceso a los dormitorios. En estos casos habrá que definir el número de circulaciones permitidas.

Una habitación puede ser de transición para un usuario y finalista para otro. Habrá que definir esta característica para cada usuario de la habitación.

7.- PASOS DE CIRCULACIÓN: Define el número de huecos de paso que tiene una habitación. Con este parámetro, junto con el de usuario, se generan los Organigramas Funcionales posibles según flujos.

Toda habitación tiene al menos un punto de acceso físico a la misma, comúnmente una puerta. Si no tiene acceso no será una habitación, es decir, será un espacio perdido sin uso. La dimensión de la puerta también estará definida como característica mínima de la habitación según el uso (puerta de dormitorio mínimo 0,72 m., puerta de habitación de hospital min 0,90 m., etc. Cada paso pertenece a dos habitaciones, y sus características tendrán que cumplir el mínimo de los dos usos, por tanto el más restrictivo de ambos.

Si una habitación tiene dos o más puertas resulta que además de su uso característico se destina a habitación de transición. Este apartado se explicará más profundamente en el siguiente Capítulo II.5 Diagrama Funcional.

Hay que distinguir:

Pasos de entrada: Toda habitación tiene al menos uno. Puede tener dos, por ejemplo, un baño que da servicio a dos dormitorios.

Pasos de Salida: Si es una habitación finalista no tiene pasos de salida. Si es una habitación de transición podrá tener una limitación según el número de circulaciones permitidas, por ejemplo, un salón que sirva de paso a otras habitaciones.

Los pasos habrá que asociarlos a uno o varios usuarios. Es importante establecer para cada habitación sus pasos de entrada o salida para que la máquina pueda generar los Organigramas Funcionales.

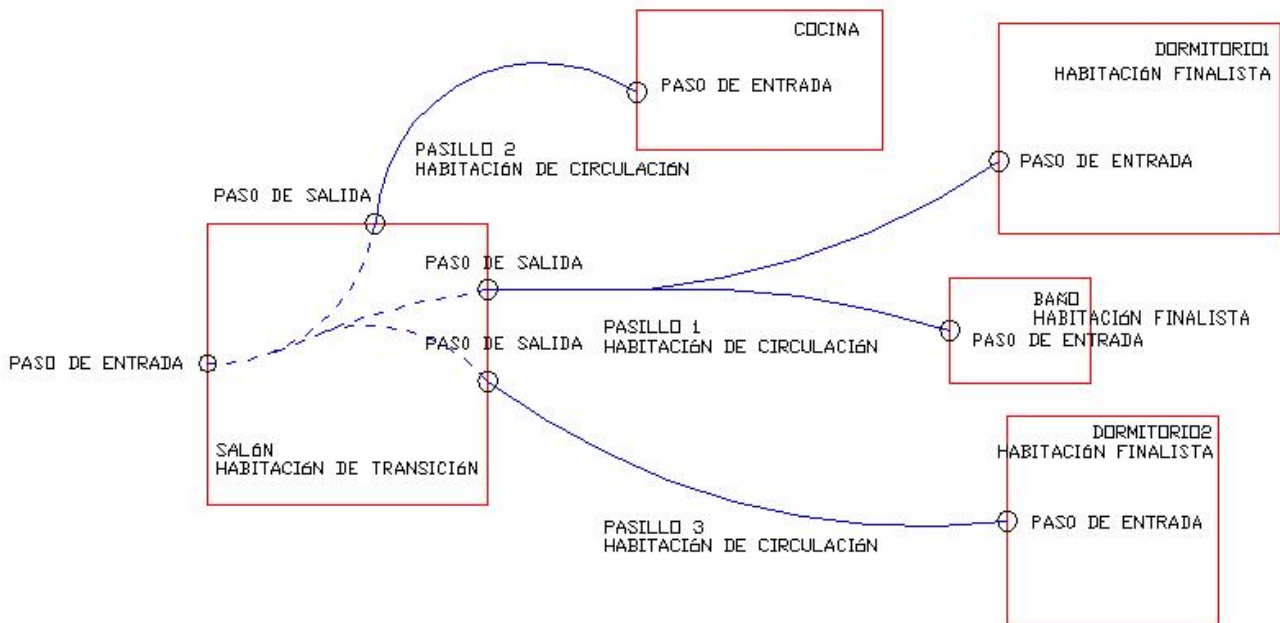


Fig. II.4.18. Organigrama Funcional. Observamos cómo se muestran las circulaciones, habitaciones finalistas y de transición y pasos de entrada y salida de las mismas.

8.- HUECOS DE CONTACTO EXTERIOR: Define la superficie y forma de las ventanas. Estos requerimientos vienen definidos como mínimos en las normativas sectoriales. Con los datos de uso y superficie de la habitación se generará el requerimiento de huecos libres de ventana. Este dato nos indica que la habitación debe tener un segmento común de una dimensión determinada con un espacio exterior (patio, plaza, calle, etc.) Son requerimientos de ventilación e iluminación. Se podría asociar cada ventana con un tipo de espacio libre.

Ejemplo: Si asociamos la ventana de “salón” al espacio libre “calle”, el optimizador nos colocaría siempre el salón dando a la calle y no a un patio interior.

9.- CONDICIONES DE FACHADA: Es un condicionante de tipo urbanístico. Un ejemplo sería la obligación de que un salón deba ubicarse en fachada a un espacio libre público (calle, plaza).

10.- CONDICIONES DE CONTORNO. PIEL: Cada habitación-célula tiene una piel, comúnmente tabique o muro. Se trata de el límite entre dos habitaciones y común a ambas. Las características de la misma, tanto en dimensiones como materiales, van en función a las dos células que lo definen.

Por ejemplo: Entre dos dormitorios de una misma vivienda resulta un tabique de 10 cms y entre dos dormitorios de diferentes viviendas un muro de 20 cms y entre un dormitorio y el exterior un muro de fachada de 35 cms, etc. Estas dimensiones se establecen por los materiales constructivos y, más concretamente, por los requerimientos a los mismos: los de independencia entre las células y sus usos, de confort térmico, confort acústico, de seguridad a la intrusión, de aislamiento a radiaciones, etc. Los requerimientos están reglados en normativas, el grosor de las pieles vendrá definido por los materiales a utilizar.

Con el parámetro de uso definido por defecto se generan los requerimientos de la piel, a no ser que se deseen introducir más restricciones. Requerimientos:

Confort Térmico: medida de aislamiento térmico mínimo.

Confort Acústico: medida de aislamiento acústico mínimo.

Seguridad a la intrusión: características constructivas y resistencia.

Seguridad Contra-Incendios: características de resistencia al fuego de los materiales.

Aislamiento a Radiaciones: medida de aislamiento anti-radiaciones mínimo.

11.- TIPOLOGÍA: Una vez definida una célula, se pueden guardar sus características anteriormente definidas como una tipología concreta. Creamos una **librería de tipos**.

METODOLOGÍA EN LA DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UNA CÉLULA.

Hemos establecido diez parámetros que definen las características de una célula. Con estos diez parámetros vamos a generar el Cuadro de Formas, algunos de ellos son necesarios para crear el Organigrama Funcional con el que generamos el Cuadro de Contactos entre habitaciones.

Definir estos diez parámetros para cada habitación parece un trabajo importante. Pero la mayoría de estos datos están definidos en las normativas de cada uso, de forma que sólo definiendo el parámetro **5.USO** se establecen automáticamente los siguientes, 2.-FORMA, 3.- SUP MÍNIMA, 6.- CIRCULACIÓN INTERIOR, 7.- PASOS DE CIRCULACIÓN, 8.- HUECOS DE

CONTACTO EXTERIOR, 9.- CONDICIONES DE FACHADA ,10.- CONDICIONES DE CONTORNO. PIEL. Al menos en sus condiciones mínimas o generales, cada proyectista puede mejorar estas condiciones. Hay que hacer notar que:

El parámetro **4.- USUARIO**, hay que definirlo independientemente del uso, para poder dividir los flujos de comunicaciones.

El parámetro **1.- DENOMINACIÓN**, una vez generado el edificio completo con todas las habitaciones se realiza automáticamente.

El parámetro **11.- TIPOLOGÍA**, es una forma de guardar todas las habitaciones configuradas en librerías. Si tomas una tipología, todos los parámetros están configurados y si cambias algo creas una nueva tipología.

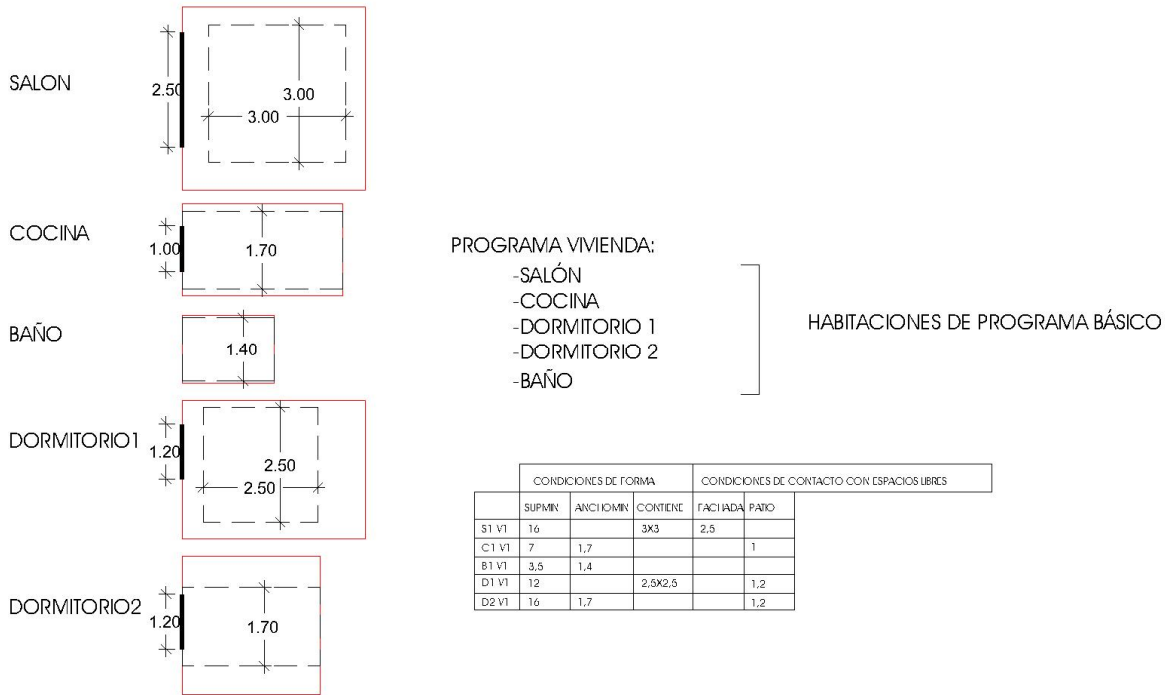
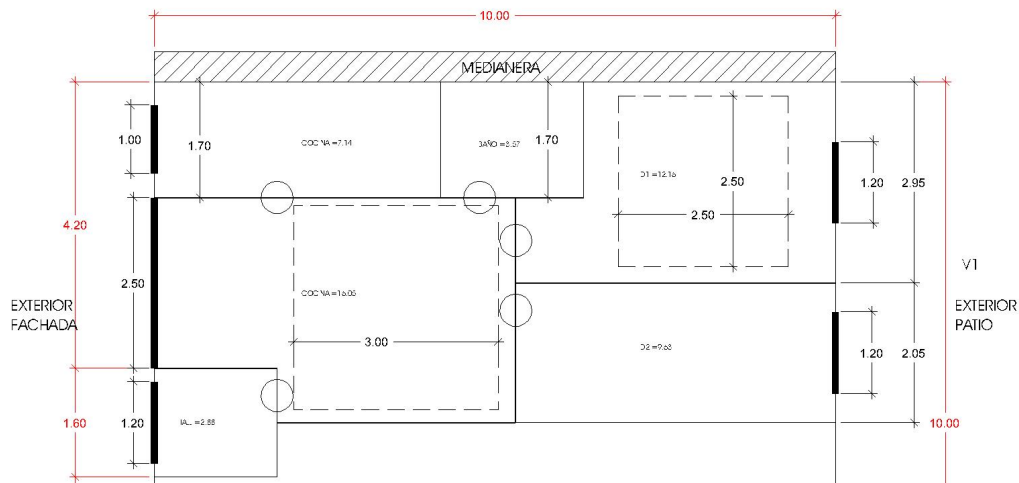


Fig. II.4.19. Representación gráfica de un programa básico de vivienda de 5 habitaciones, con sus condiciones de forma, de superficie y condiciones de contacto con espacios libres.

Fig. II.4.20. Distribución posible del programa anterior. Vemos como cumple con las restricciones de forma y superficie. También la colocación de ventanas y de frente de fachada a exterior.



II.4.11.2.- CONJUNTO FUNCIONAL. EL ÓRGANO. LA VIVIENDA. ESCALA E2.

Las habitaciones se agrupan para formar conjuntos de funcionamiento independiente. Por ejemplo, una vivienda para una familia, una oficina para una empresa, etc. Todas las habitaciones cumplen una misión para el correcto funcionamiento y uso del conjunto funcional. De esta forma cada conjunto funcional actúa como una habitación a una escala mayor.

DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE UN CONJUNTO FUNCIONAL. VIVIENDA.⁴⁴

Al subir de escala a E2 formamos conjuntos de habitaciones que pueden funcionar de forma independiente. Se definen por los mismos parámetros que para una habitación, pero con algunos cambios debido al aumento de escala.

1.-DENOMINACIÓN: Los Conjuntos Funcionales se denominan según el uso al que van a ser destinadas: viviendas, oficinas, locales comerciales, etc. el edificio, etc. El nombre irá denominando los diferentes conjuntos a los que pertenece.

Ej: Vivienda 6, Ala 3, bloque 4. V6A3B4

2.-FORMA: No suelen tener parámetros de forma definida, ya que su forma proviene de las habitaciones que contiene, (aunque se podría definir por el proyectista)

3.- SUPERFICIE MÍNIMA: Se pueden definir mínimos de superficie para un uso determinado. En general las normativas ofrecen mínimos para usos humanos y estándares de calidad, por ejemplo, según normativa de Habitabilidad, la vivienda mínima debe tener un mínimo de 40 m².

4.- USUARIO: Define el usuario/s. Este dato será necesario para realizar los Organigramas Funcionales por Flujos de Usuarios (II.5) y los controles de paso. Por ejemplo: para una vivienda unifamiliar solo hay tipo de usuario, que es el propio residente. En un hotel, habrá diferentes usuarios de los espacios. Clientes, Clientes Premium, Servicio de Limpieza, Servicio de Cocina y camareros, etc. Habrá diferentes flujos de circulación que se materializarán en diferentes distribuidores.

5.- USO: Define el uso general del conjunto. Al definir un uso, por ejemplo: vivienda, la mayoría del resto de parámetros se configura automáticamente, dado que responden al uso.

6.- CIRCULACIÓN INTERIOR: Define si se permite circular por la agrupación para acceder a otra o no. Es decir, clasifica el conjunto en:

⁴⁴A continuación se van a repetir la definición de los mismos parámetros que para E1, solo que hay pequeñas diferencias debido al cambio de escala. He considerado conveniente incluirlas, aunque sean muy parecidas, para permitir una lectura transversal del documento.

- **FINALISTA:** En este conjunto de habitaciones o agrupación funcional acaba la circulación de un flujo determinado. El Organigrama funcional acaba en ese conjunto, por ejemplo: vivienda.
- **DE TRANSICIÓN:** Se permite usar el conjunto de habitaciones no sólo para su uso propio, sino también para acceder a otro conjunto. P.E: Área de espera de un aeropuerto. Habrá que definir el número de circulaciones permitidas.

Un conjunto puede ser de transición para un usuario y finalista para otro. Habrá que definir esta característica para cada usuario del conjunto.

7.- PASOS DE CIRCULACIÓN: Define el número de huecos de paso que tiene un conjunto. Con este parámetro junto el de usuario, se definen los organigramas funcionales posibles según flujos. Todo conjunto tiene al menos un punto de acceso físico al mismo. Comúnmente una puerta. Si no tiene acceso no será un conjunto, será un espacio perdido sin uso. La dimensión de la puerta también estará definida como característica mínima del conjunto según el uso. Cada paso pertenece a dos conjuntos, y sus características tendrán que cumplir el mínimo de los dos usos, por tanto el más restrictivo de ambos.

Si la agrupación tiene dos o más puertas resulta que además de su uso característico se destina a agrupación de transición. Este apartado se explicará más profundamente en el siguiente Capítulo II.5 Diagrama Funcional.

Hay que distinguir:

Pasos de entrada: Toda agrupación tiene al menos uno. Puede tener dos, por ejemplo, un área de cafetería que de servicio a dos salas de conferencias.

Pasos de Salida: Si es una agrupación finalista no tiene pasos de salida. Si es una agrupación de transición podrá tener una limitación según el número de circulaciones permitidas. Por ejemplo, un área de recepción sirva de paso a varias alas de un hospital.

Los pasos habrá que asociarlos a uno o a varios usuarios. Esto generará los Organigramas Funcionales según flujos y los Controles de Paso.

8.- HUECOS DE CONTACTO EXTERIOR: Se define como la sumatoria de este requerimiento para las habitaciones que contiene esta agrupación. Este dato nos indicará la longitud de fachada que necesitaremos enfrentada a espacio libre (patio, plaza, calle, etc.) Son requerimientos de ventilación e iluminación.

9.- CONDICIONES DE FACHADA: Es un condicionante de tipo urbanístico. Un ejemplo sería la obligación de que cada vivienda en un edificio tenga fachada a un espacio libre público (calle, plaza). Este condicionante urbanístico evita la aparición de viviendas sin fachada y sólo dando a patios interiores.

10.- CONDICIONES DE CONTORNO. PIEL: Este parámetro es una extrapolación de los parámetros propios de las habitaciones que contenga. Cada Agrupación tendrá una piel, límite, comúnmente tabique o muro. Es el límite entre dos agrupaciones y común a ambas. Las

características del contorno es la misma tanto en dimensiones como materiales va en función a las dos agrupaciones que lo definen. Por ejemplo: entre dos viviendas existe un tabique de 25 cms, entre vivienda y exterior un muro de fachada de 35 cms, etc. Estas dimensiones vienen definidas por los materiales constructivos y más concretamente con los requerimientos a los mismos, de independencia entre las agrupaciones y sus usos, de confort térmico, confort acústico, de seguridad a la intrusión, de aislamiento a radiaciones, etc. Los requerimientos están regulados en normativas y el grosor de las pieles vendrá definido por los materiales a utilizar.

Con el parámetro de uso definido por defecto se generan los requerimientos de la Piel, a no ser que se quieran definir más restrictivos. Requerimientos correspondientes a los conjuntos:

Confort Térmico: medida de aislamiento térmico mínimo.

Confort Acústico: medida de aislamiento acústico mínimo.

Seguridad a la intrusión: características constructivas y resistencia.

Seguridad Contra-Incendios: características de resistencia al fuego de los materiales.

Aislamiento a Radiaciones: medida de aislamiento anti-radiaciones mínimo.

11.- TIPOLOGÍA: Una vez definida una agrupación, se puede guardar sus características anteriormente definidas como una tipología concreta. A estos efectos se crearía una **librería de Tipos**.

METODOLOGÍA EN LA DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN ÓRGANO O VIVIENDA.

Hemos establecido diez parámetros que definen las características de una agrupación. Con ellos vamos a generar el Cuadro de Formas y algunos de ellos son necesarios para crear el Organigrama Funcional con el que creamos el Cuadro de Contactos entre agrupaciones.

Definir estos parámetros para cada agrupación parece un trabajo importante, pero la mayoría de estos datos están definidos en las normativas de cada uso. De forma que solo definiendo el parámetro **5.USO** se definen, 2.FORMA, 3.SUP MÍNIMA, 6.- CIRCULACIÓN INTERIOR, 7.- PASOS DE CIRCULACIÓN, 8.- HUECOS DE CONTACTO EXTERIOR, 9.- CONDICIONES DE FACHADA ,10.- CONDICIONES DE CONTORNO. PIEL. Al menos en sus condiciones mínimas o generales, cada proyectista puede mejorar estas condiciones.

El parámetro **1.- DENOMINACIÓN**, una vez generado el edificio completo con todas las agrupaciones se define automáticamente.

El parámetro **4.- USUARIO**, hay que definirlo independientemente del uso, para poder dividir los flujos de comunicaciones.

El parámetro **11.- TIPOLOGÍA**, es una forma de guardar todas las agrupaciones configuradas en librerías. Si tomas una tipología, todos los parámetros están configurados y si cambias algo creas una nueva tipología.

II.4.11.3.- EL EDIFICIO. EL SER VIVO. E1.

El edificio está constituido por la suma de los conjuntos funcionales que lo componen. De esta forma cada conjunto funcional (órgano o vivienda) actúa como otro conjunto funcional a una escala mayor.

Por tanto un edificio está constituido por:

-Sistema Productivo: Son las células y agrupaciones de las mismas que constituyen unidades funcionales útiles. Su optimización será la optimización y mejora del individuo. Son los que aportan valor a la edificación. El objetivo de la optimización será maximizar la superficie de este Sistema con respecto al resto. Por ejemplo: maximizar el nº de viviendas con respecto a núcleos de comunicaciones y patios.

-Sistema Circulatorio y Sistemas de Servicios: Se compone de los espacios destinados a circular hacia las unidades productivas y los espacios destinados a las instalaciones. Habrá que minimizarlos para dejar el máximo espacio a las unidades productivas.

-Sistema Respiratorio: Se compone de todos los espacios que hay que dejar libres para cumplir con los requerimientos de luz y aire (ventilación e iluminación)

El programa de necesidades en la escala E1 estará compuesto como unidad mínima a definir por los diferentes edificios que se distribuyen dentro de una parcela. P.E. en una parcela con uso hotelero, tendremos diferentes edificaciones, edificios con uso residencial turístico, edificio principal del hotel, edificios uso deportivo hotelero, etc.

La unidad mínima **el edificio o individuo** (E1) se definirá con los mismos parámetros que la **unidad funcional** (E2) y que la **célula-habitación** (E3), adaptándolo a su escala.⁴⁵

1.-DENOMINACIÓN: Los Conjuntos Funcionales se denominan según el uso al que van a ser destinadas. Viviendas, oficinas, locales comerciales, etc. el edificio, etc. El nombre irá denominando los diferentes conjuntos a los que pertenece.

Ejemplo: Edificio viviendas ala sur. V6A3B4

2.-FORMA: No suelen tener parámetros de forma definida, adoptando la forma del conjunto funcional que contiene (aunque puede ser definido por el proyectista).

3.- SUPERFICIE MÍNIMA: Se pueden definir mínimos de superficie para un uso determinado.

4.- USUARIO: Define el tipo de usuario/s. Este dato será necesario para realizar los Organigramas Funcionales por Flujos de Usuarios (II.5) y los controles de paso.

5.- USO: Define el uso general del Edificio.

⁴⁵ A continuación se van a repetir la definición de los mismos parámetros que para E1 y E2, solo que hay pequeñas diferencias debido al cambio de escala. He considerado conveniente incluirlas, aunque sean muy parecidas, para permitir una lectura transversal del documento.

6.- CIRCULACIÓN INTERIOR: Define si se permite circular por el edificio para acceder a otro o no. Es decir, clasifica el conjunto en:

- **FINALISTA:** En este edificio acaba la circulación de un flujo determinado.
- **DE TRANSICIÓN:** Se permite la circulación por el edificio no solo para su uso propio, sino también para acceder a otras edificaciones. Por ejemplo, una terminal de un aeropuerto que se comunica con otra terminal.

Un Edificio puede ser de transición para un usuario y finalista para otro. Habrá que definir esta característica para cada usuario del conjunto.

7.- PASOS DE CIRCULACIÓN: Define el número de huecos de paso que tiene un edificio. Con este parámetro junto el de usuario, se definen los organigramas funcionales posibles según flujos.

Todo Edificio tiene al menos un punto de acceso físico al mismo, comúnmente una puerta. Si no tiene acceso no será un Edificio, será un espacio perdido sin uso. La dimensión de la puerta también estará definida como característica mínima del conjunto según el uso. Cada paso pertenece a dos conjuntos, y sus características tendrán que cumplir el mínimo de los dos usos, por tanto el más restrictivo de ambos. Si la agrupación tiene dos o más puertas nos indican que además de su uso característico se destina a agrupación de transición. Este apartado se explicará más profundamente en el siguiente Capítulo II.5 Diagrama Funcional.

Hay que distinguir:

Pasos de entrada: Todo Edificio tiene al menos uno. Puede tener dos, por ejemplo, un edificio con dos o tres entradas.

Pasos de Salida: Si es una agrupación finalista no tiene pasos de salida. Si es una agrupación de transición podrá tener una limitación según el número de circulaciones permitidas. Por ejemplo, un edificio central de un campus universitario que sirva de paso y control a varios edificios del campus.

Los pasos habrá que asociarlos a uno o varios usuarios. Esto generará los Organigramas Funcionales según flujos y los Controles de Paso.

8.- HUECOS DE CONTACTO EXTERIOR: Se define como la sumatoria de este requerimiento para las habitaciones que contiene este edificio. Este dato nos indicará que longitud de fachada necesitaremos dando cara a espacio libre. Patio, plaza, calle, etc. Son requerimiento de ventilación e iluminación.

9.- CONDICIONES DE FACHADA: Es un condicionante de tipo Urbanístico. Un ejemplo es la obligación de cada edificio-parcela de frente a fachada a un espacio libre público (Calle, plaza). Este condicionante Urbanístico evita la aparición de viviendas en parcelas sin acceso a calle pública y sólo con acceso desde caminos vecinales.

10.- CONDICIONES DE CONTORNO. PIEL: Este parámetro es una extrapolación de los propios de los conjuntos que contenga. Dependiendo cada Edificio tiene una piel, límite, comúnmente tabique o muro. Es el límite entre dos edificaciones. Estas dimensiones se

definen por los materiales constructivos y más concretamente con los requerimientos a los mismos. Requerimientos de independencia entre las agrupaciones y sus usos. Requerimientos de confort térmico, confort acústico, de seguridad a la intrusión, de aislamiento a radiaciones, transmisión de incendios, etc. Se definen de la misma manera que para las escalas E2 y E3.

11.- TIPOLOGÍA: Una vez definida una agrupación, se puede guardar sus características anteriormente definidas como una tipología concreta. Creamos una **librería de Tipos**.

Metodología en la definición de las Características de una Edificación.

Hemos desarrollado los diez parámetros que definen las características de una Edificación. Con estos DIEZ parámetros vamos a generar el Cuadro de Formas y algunos de ellos son necesarios para crear el Organigrama Funcional con el que creamos el Cuadro de Contactos entre Edificios.

Definir estos diez parámetros para cada Edificio parece un trabajo importante, pero la mayoría de estos datos vendrán definidos en las normativas de cada uso. De forma que sólo definiendo el parámetro **5.USO** se definen, 2.FORMA, 3.SUP MÍNIMA, 6.- CIRCULACIÓN INTERIOR, 7.- PASOS DE CIRCULACIÓN, 8.- HUECOS DE CONTACTO EXTERIOR, 9.- CONDICIONES DE FACHADA ,10.- CONDICIONES DE CONTORNO. PIEL. Al menos en sus condiciones mínimas o generales, cada proyectista puede mejorar estas condiciones.

El parámetro **4.- USUARIO**, hay que definirlo independientemente del uso, para poder dividir los flujos de comunicaciones.

El parámetro **1.- DENOMINACIÓN**, una vez generado el edificio completo con todas las agrupaciones se realiza automáticamente.

El parámetro **11.- TIPOLOGÍA**, es una forma de guardar todas las edificaciones configuradas en librerías. Si tomas una tipología, todos los parámetros están configurados y si cambias algo creas una nueva tipología.

II.4.11.4.- EL URBANISMO. LA CIUDAD. ESCALA E0. LA COMUNIDAD.

No es objeto de esta Tesis traspasar los límites de la edificación y trasladarnos al urbanismo, la ordenación del espacio Urbano. Pero hacemos mención a que es posible su extrapolación en este apartado.

Si en la Escala E1, hablábamos del Individuo, como ser vivo, compuesto por células cada una con una función, y agrupaciones de Células que formaban órganos de funcionamiento independiente, en la Escala E0 hablamos de Comunidad o Sociedad de Individuos que se organizan para funcionar mejor unidos que separados. Es decir, la ciudad como agrupación de edificaciones, cada una con su uso y función, para la colaboración y ayuda mutua. Edificios residenciales, comerciales, Industriales, se van agrupando en zonas, todos ellos comunicados por espacios de circulación, por donde se realizan los flujos, espacios libres para la respiración y habitabilidad de la ciudad y edificios complementarios de servicios (centrales eléctricas, agua, etc.).

Esta clasificación por tanto encaja tanto en Programa de Necesidades como en Organigrama Funcional en los tres sistemas que definen un Individuo para una Ciudad sería:

-Sistema Productivo: Toda Parcela o edificación de propiedad Pública o Privada con un Funcionamiento Productivo. Viviendas, centros comerciales, etc.

-Sistema Circulatorio: Todo espacio dedicado a comunicar las edificaciones y permitir la circulación y el flujo de los usuarios de las mismas.

-Sistema de Servicios: Toda parcela ó edificación dedicada a proveer de servicio a la ciudad y por tanto permitir la existencia de la misma.

-Sistema Respiratorio: Todo parcela no edificada dedicada a permitir la habitabilidad de la Ciudad.

Podemos analizar la ciudad desde la perspectiva de esta Tesis, es decir, la Optimización de la Distribución en Planta de la Ciudad. La cuestión sería: Teniendo un espacio delimitado de Ciudad con unas características y para favorecer en último término la actividad humana en la misma:

1.- ¿Cuál es la proporción Óptima entre los cuatro Sistemas (Programa)?

-Definición del Programa de Necesidades de la Ciudad.

2.- ¿En qué orden se situarán estos Sistemas entre ellos?

-Definición del Organigrama Funcional de la Ciudad

3.- ¿Cuál es la función Objetivo de la Optimización?

Si planteamos los mismos criterios de optimización que para una edificación (CapII.8) se trataría de: maximizar el Sistema Productivo, minimizar el Circulatorio y de Servicios y minimizar el Respiratorio, siempre que se cumplan unos mínimos requerimientos de habitabilidad. Evidentemente la elección de la función objetivo toma en la Ciudad una vertiente política y sociológica.

Brevemente voy a exponer un análisis de algunas ciudades y modelos para mostrar cómo se han resuelto estos Sistemas Vitales en las mismas y cuál ha sido la función objetivo de cada ciudad.

- **Ciudad tradicional- medieval.**

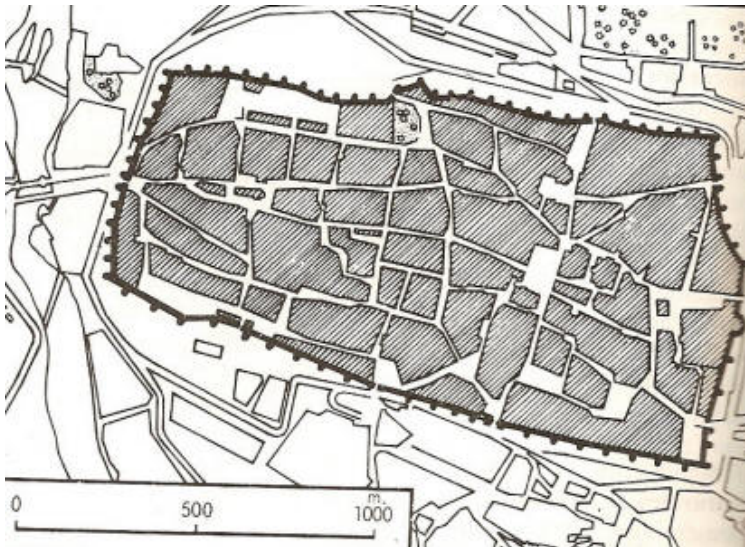


Fig. II.4.21. Planta de la ciudad medieval de Ávila. Crecimiento orgánico y planta irregular. XII-XIV

La urbanística medieval se refiere a la ordenación urbana existente en las ciudades durante el Medioevo, que tendrán una forma urbana característica: compacta y amurallada. Sistema Productivo maximizado, Sistema Circulatorio y Respiratorio al mínimo. No hay ordenación ni planificación, que surge de forma espontánea con un sentimiento de comunidad que no va más allá de construir una fuerte epidermis, en forma de Muralla.

- **Ciudad renacentista.**

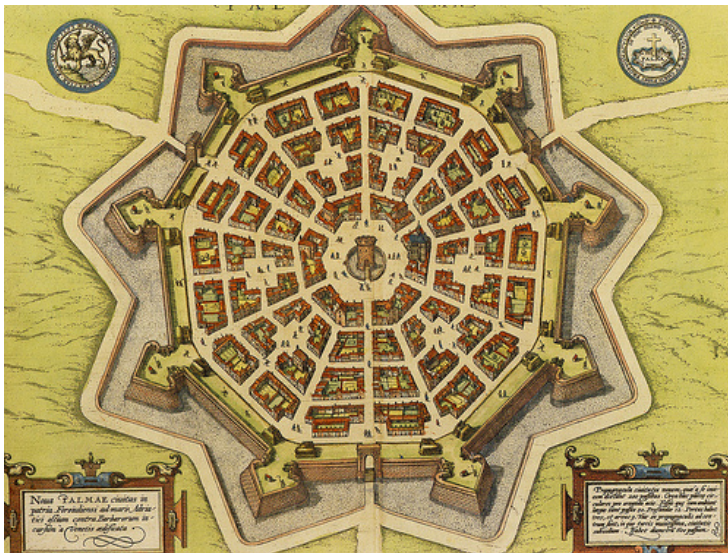


Fig. II.4. 22. Mapa de la ciudad fortificada de de Palmanova. 1593. Venecia. Italia.

Su planificación es obra de Vincenzo Scamozzi (s. XVI) Ejemplo de ciudad renacentista de planificación muy detallada y búsqueda de orden. De gran carácter defensivo, la piel de la ciudad diseñada frente agresiones externas, sigue siendo un elemento de diseño muy potente. Se ordena el Sistema Circulatorio y Respiratorio, existiendo áreas libres públicas y patios de manzana.

- Ciudad Jardín.



Fig. II.4.23. Planimetría de un sector de Ciudad Jardín de Howard. S. XIX-XX.⁴⁶

El movimiento urbanístico de las ciudades jardín fue fundado por Sir Ebenezer Howard a comienzos del s. XX. Sus conceptos sociológicos y urbanísticos se desarrollan en su libro titulado *Ciudades Jardín del mañana*, 1902. Define un nuevo concepto de organización de una ciudad, establecida en un entorno natural, separada de la gran urbe, pero bien comunicada con ella. Según Howard, tiene un tamaño que hace posible una vida social a plenitud, con un crecimiento controlado y un límite de población. Predominan las zonas verdes frente a superficies urbanizadas.

El sistema de Espacios Libres y Sistema Circulatorio y Respiratorio se maximiza frente al Sistema Productivo.

⁴⁶Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ciudad_Jardín

- **Ciudad Verde de Le Corbusier.**



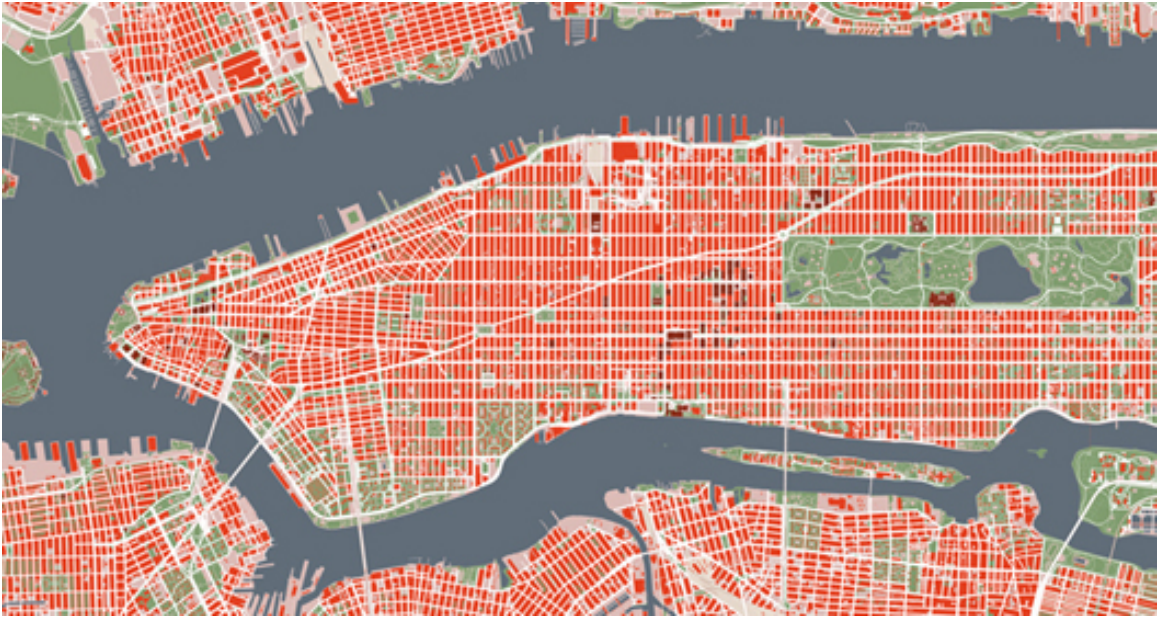
Fig. II.4.23. Diseño de la Ciudad Verde. Le Corbusier ⁴⁷

Se concibe la ciudad como un gran parque. Se maximizan los espacios verdes y se concentran los edificios y las vías de comunicación. La nueva ciudad de Le Corbusier constaría de altos bloques de apartamentos y grandes espacios ajardinados. La ciudad ideal de Le Corbusier hace tabla rasa de las preexistencias históricas y combina rascacielos empresariales en el centro con edificios residenciales de gran densidad en la periferia, dispuestas sobre un espacio verde continuo y conectado por vías jerarquizadas. El asoleamiento garantizado para todos los habitantes, la eficiencia de las relaciones funcionales y el triunfo de las concepciones industrialistas son el soporte conceptual de esta ciudad.

El sistema de Espacios Libres se maximiza y el Sistema Circulatorio y Sistema Productivo se minimizan.

⁴⁷Fuente: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-296/sn-296-2.htm>

- **Grandes metrópolis: Ciudad de Nueva York.**



II.4.24. Manhattan. Paradigma de la especulación del suelo en base a una retícula colonial. El espacio verde concentrado en Central Park. El sistema viario no está optimizado, solo responde a una parcelación.

II.4.11.5.- LA ESCALA TERRITORIAL.

Más allá de la escala urbana se encuentra la escala territorial y la ordenación del territorio como aplicación del Método. Ni siquiera voy a explicar sus características pero apunto que también es un modelo aplicable a la optimización en planta. La caracterización de los espacios va a cambiar dado que entran en juego otros factores como la protección ambiental del territorio y la función objetivo estará en maximizar el espacio libre y minimizar y concentrar el Sistema Productivo para la actividad humana. El sistema circulatorio apenas tiene repercusión en la ocupación del espacio.

II.4.12.- PROGRAMA DE NECESIDADES: SU TRADUCCIÓN A LA MÁQUINA.

El **Programa de Necesidades Básico** sólo afecta al **Sistema Productivo**, no afecta a los sistemas de circulación, sistemas complementarios y sistema respiratorio. Ejemplo: un promotor no nos proporcionará los metros cuadrados de pasillos o ascensores, pero sí nos requerirá un máximo de oficinas. La máquina, al optimizar, calculará los ascensores y circulaciones mínimas necesarias, con el fin de obtenerla mayor cantidad de unidades productivas, en este caso las oficinas.

CUADRO DE FORMAS + CUADRO DE CONTACTOS → OPTIMIZADOR.

Esta fórmula expresa de forma genérica qué datos necesita la máquina para optimizar. Necesita un **Listado de Espacios** con sus **Condiciones de Forma y sus Condiciones de Contactos** entre ellos. Con estos datos realizará dos tareas principales **Conformación y Disposición** de los espacios. Es decir, dar forma y posición a cada pieza, y, dado que es en un proceso de Optimización, cumpliendo una **Función Objetivo**.

FORMA Y POSICIÓN ÓPTIMA DE TODOS LOS ESPACIOS → OBJETIVO

Con el Programas de Necesidades generamos las diferentes opciones de Organigramas Funcionales, es decir, como ordenar/posicionar entre ellos los espacios. Una vez tengamos un Organigrama Funcional y un Programa Completo obtenemos todos los datos que componen el Cuadro de Formas y de Contactos.

Los Cuadro de Formas y de Contactos traducen todos los datos introducidos anteriormente a la Máquina. Con ellos realiza las opciones de distribución óptima.

II.4.13.- GENERADOR DE PROGRAMAS DE NECESIDADES.

El objetivo de esta parte del método es generar todos los posibles Programas de Necesidades para la parcela dada y según los requerimientos del promotor. Como hemos visto, la cantidad de opciones que se pueden generar es muy alta si no se ofrecen restricciones desde el principio.

El Programa de Necesidades generalmente es un dato de partida en el que la intervención del promotor es muy alta, pero no siempre, dado que la variedad de situaciones es también muy extensa. Por ello la necesidad de un generador de programas de necesidades. Habrá asistentes para generar habitaciones tipo, viviendas tipo como agrupación de habitaciones tipo, edificios tipo como agrupación de unidades de uso tipo. Si no se le dan programas cerrados, se crearán las diferentes familias de opciones que entrarán en cálculo.

Los Programas de Necesidades creados, tanto Básico como Completos, se guardan como modelos y van conformando una **Galería de Estilo**.

Como se ha mencionado en apartados anteriores, en las características de un Programa de Necesidades están presentes múltiples parámetros definitorios de los espacios, incluido materiales, mobiliario, etc. El 'producto' que vende un Oficina de Arquitectura y que la diferencia de otra es su Estilo. Una vez definido mediante modelos, va a producir una gran mejora en productividad y calidad del trabajo acabado, manteniendo los estándares de calidad de la obra proyectada.

II.5.- EL ORGANIGRAMA FUNCIONAL. METODO DE CREACIÓN. NORMALIZACIÓN Y FORMALIZACIÓN.

*Caminante, no hay camino,
se hace camino al andar.
Al andar se hace el camino,
y al volver la vista atrás
se ve la senda que nunca
se ha de volver a pisar.
Caminante no hay camino
sino estelas en la mar.*

Antonio Machado

II.5.1.- EL ORGANIGRAMA FUNCIONAL EN LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.

El organigrama funcional dentro de la proyectación convencional arquitectónica es un esquema en forma de diagrama que ordena pero con un alto margen de flexibilidad y adaptabilidad el orden de las relaciones que tienen que seguir las estancias, los usos, las partes de la edificación. Generalmente ordenan agrupando las mismas y comunicándolas mediante flechas. Es un esquema de partida para comenzar la distribución en planta.

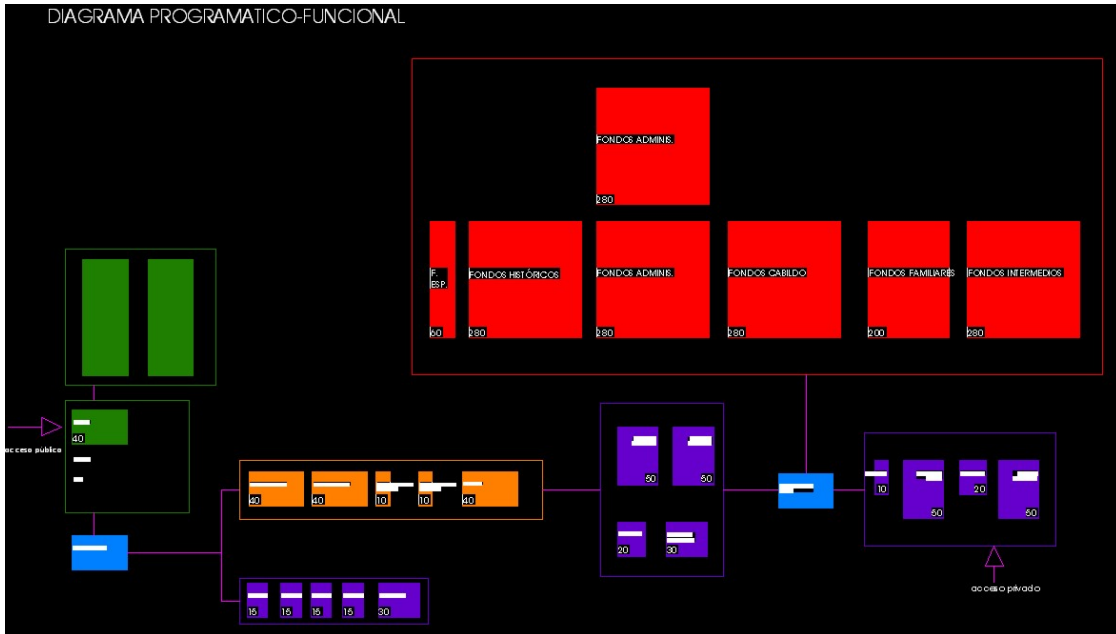


Fig. II.5.1. Ejemplo de Organigrama Funcional en fase de redacción de proyecto arquitectónico del Proyecto del Archivo General Insular de Fuerteventura.



Fig.II.5.2. Esquemas de Programas de Necesidades Básico del Proyecto del Archivo General Insular de Fuerteventura.

Estos organigramas funcionales tienen un lenguaje propio para cada estudio, incluso para cada proyecto. Son útiles tanto para desarrollar la distribución en planta, como para explicar el proyecto una vez acabado y son una potente herramienta de diseño y creatividad, donde se exponen ideas y se expresan intenciones. Pertenece, junto con la definición de un programa de necesidades, a una de las primeras etapas del acto creativo proyectual arquitectónico.

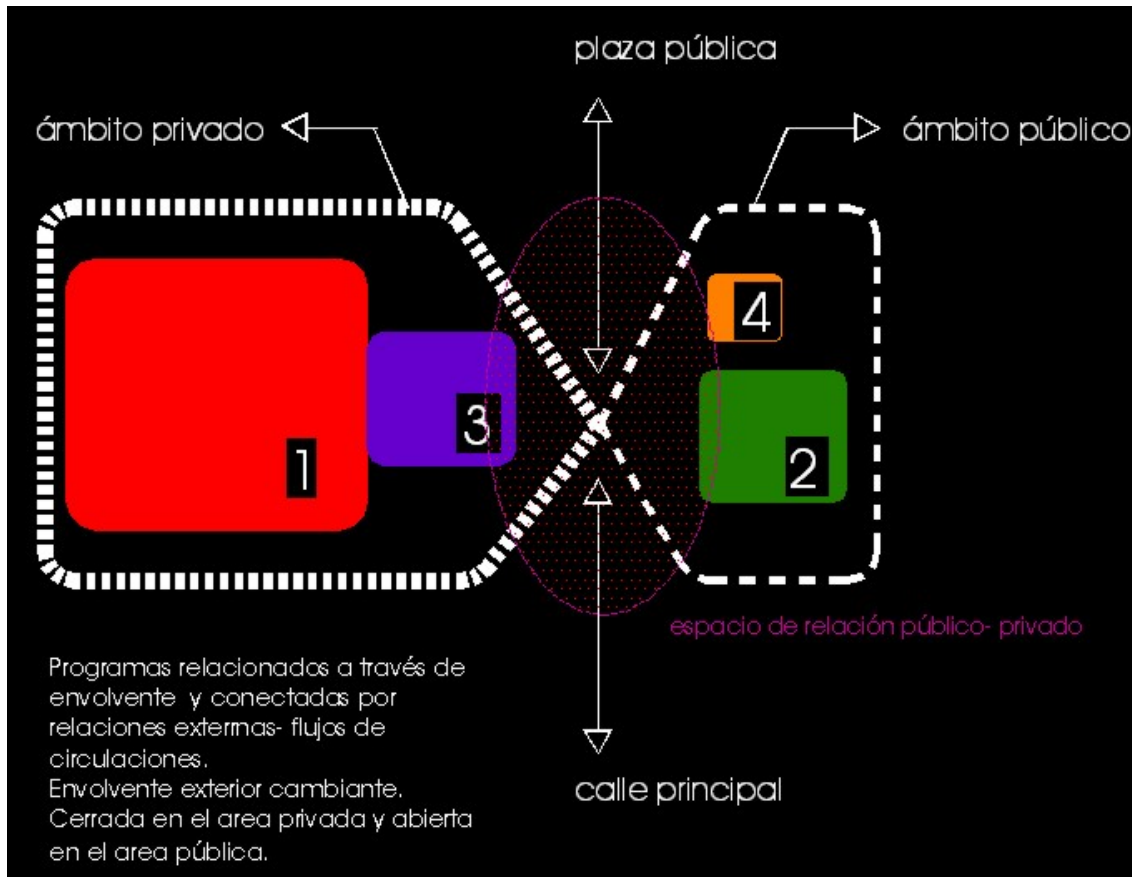


Fig.II.5.3. Esquemas de funcionamiento del Proyecto del Archivo General Insular de Fuerteventura.

El organigrama o diagrama constituye un instrumento inicial adecuado para el conocimiento de la realidad, que sirve para realizar la compleja tarea de la abstracción. El concepto de diagrama entendido dentro de la geometría, se encuentra ya en el principio de pensamiento lógico en Grecia.

II.5.2.- EL ORGANIGRAMA FUNCIONAL EN LA TEORÍA DE PROYECTACIÓN ALGORITMIZABLE. NORMALIZACIÓN.

En el Método que proponemos, el organigrama funcional no es el esquema genérico que expresa un modo de relacionarse de los espacios tal como se produce en la proyectación arquitectónica. En el Método, el diagrama funcional debe ser concreto y único y debe reflejar una sola forma de relacionarse cada una de las habitaciones con las demás. Es un organigrama Funcional unívoco, es decir tiene una sola interpretación.

El organigrama funcional es el Instrumento que define el Cuadro de Condiciones de Contacto. Y para cada Individuo a crear, solo existe un cuadro de condiciones de contacto.

Mediante el cuadro de condiciones de contacto se han concretado numéricamente las relaciones con el resto de habitaciones. Esta concreción numérica es necesaria para que la máquina, mediante el algoritmo optimizador, disponga los espacios de forma óptima en la planta.

Se propone en este capítulo una **Normalización** de la forma de representar el Diagrama Funcional, que sea unívoca y trasladable a un Cuadro de Contactos que es el elemento que utilizará la Máquina para obtener los datos del mismo.

El **Organigrama Funcional**, es unívoco y de él se genera un único cuadro de contactos.

Analicemos con el siguiente ejemplo un Diagrama Funcional y el Cuadro de Contactos que genera:

Para un Programa base para una Vivienda de 2 Dormitorios compuesto por: salón, cocina, baño, dormitorio 1 y dormitorio 2. El acceso a la vivienda se realiza por el salón y se accede a través de él al resto de habitaciones. Se generan 14 organigramas funcionales y sus cuadros de contacto.

- 1 Programa de Necesidades. → 14 Organigramas Funcionales → 14 Cuadros de Contactos.

OPCION 1.

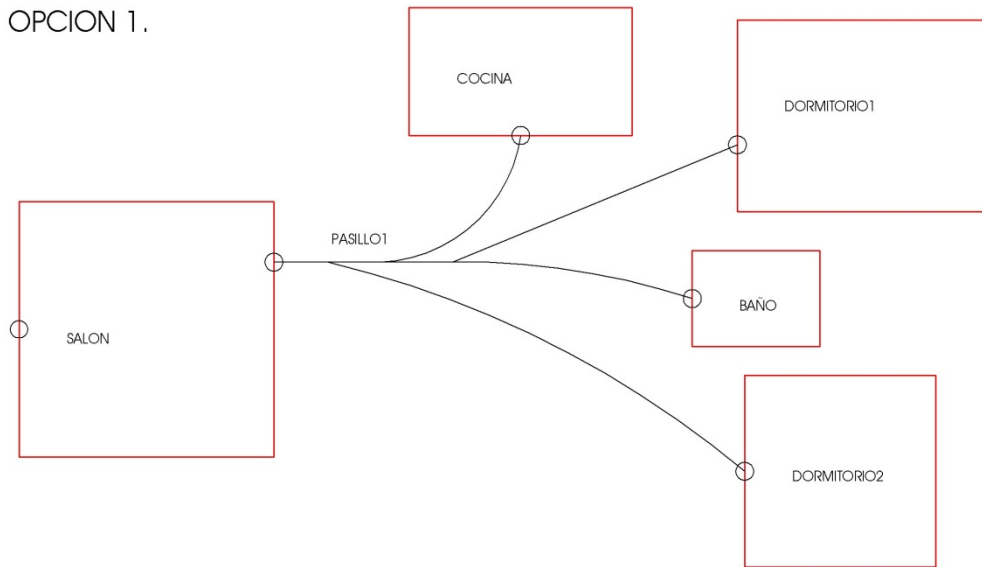


Fig. II.5.4. Ejemplo de Organigrama funcional: Tipología Vivienda de 2 Dormitorios.

Esta opción 1 se desarrolla con un sólo distribuidor partiendo del salón y que llega a todas las habitaciones.

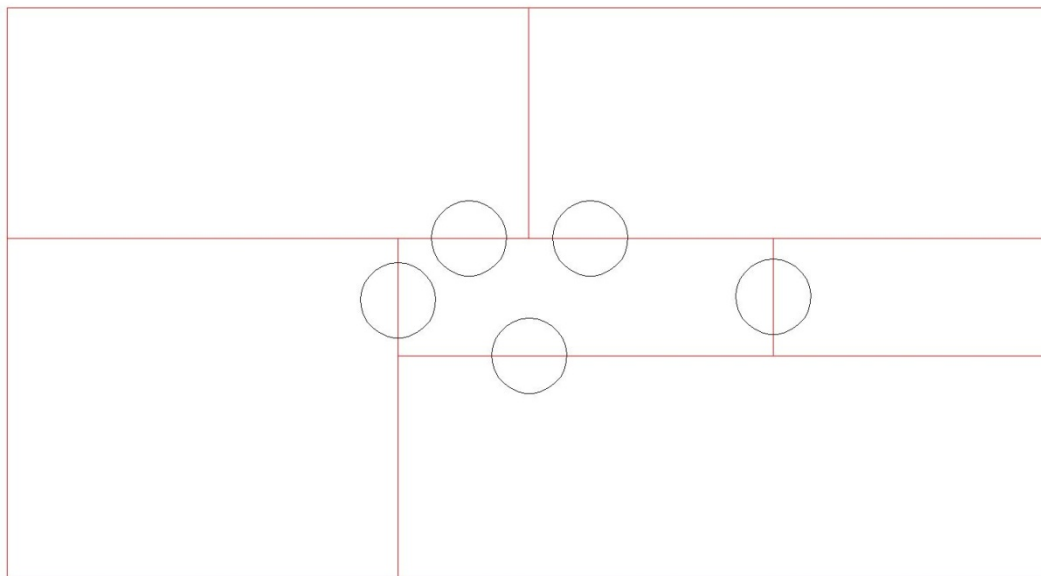


Fig. II.5.5. Materialización posible del Organigrama Funcional anterior. Puede generarse una disposición de las habitaciones de este tipo.

Veamos más Organigramas Funcionales y tipos que se generan:

OPCIÓN 2.1

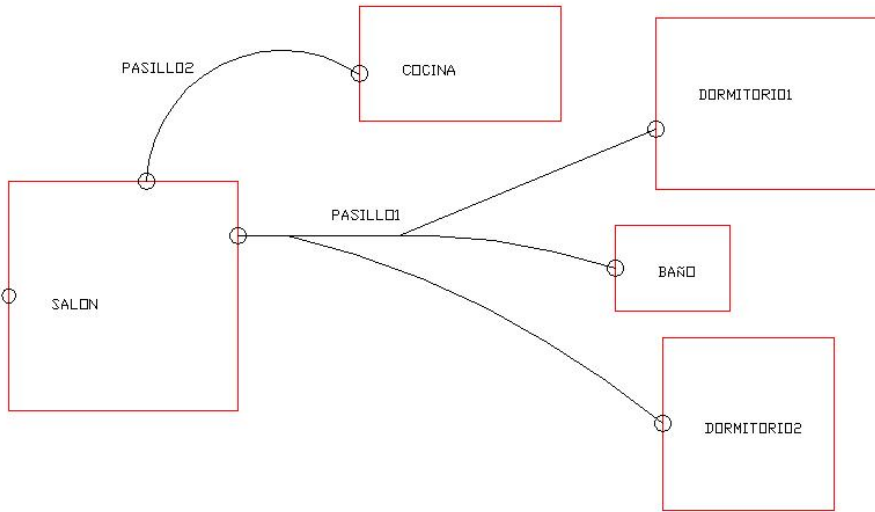
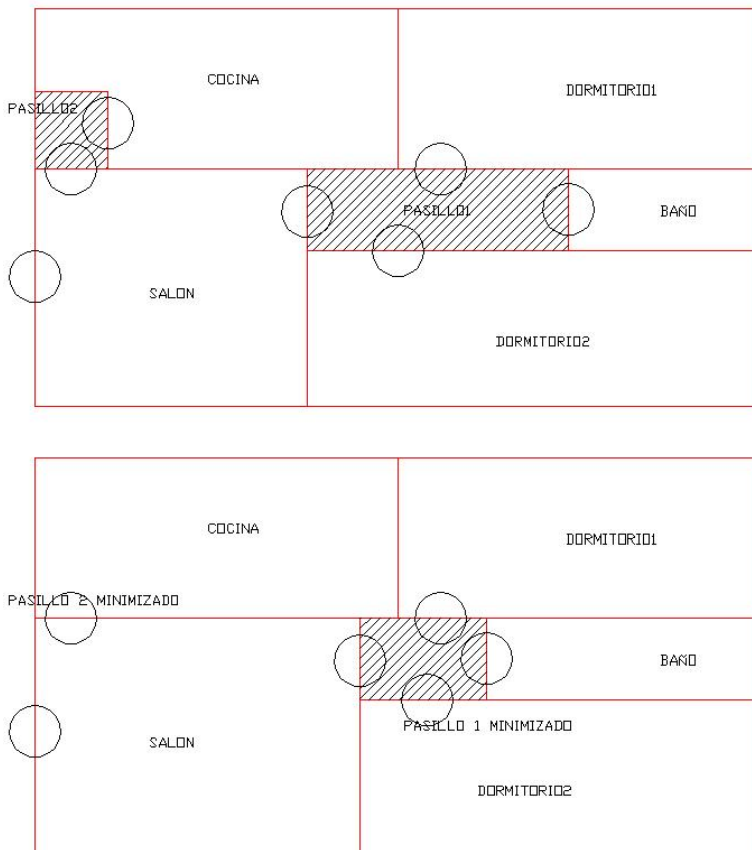


Fig. II.5.6. Ejemplo de Organigrama funcional (opción 2.1) y dos materializaciones posibles del mismo.



Vemos ahora, con el mismo Programa de Necesidades, un ejemplo de otro de los 14 Organigramas Funcionales posibles. Cuenta con dos distribuidores. Como los espacios de comunicación tienden a minimizarse hasta desaparecer, vemos en la disposición inferior como se elimina el pasillo 2 (una puerta en lugar de dos) y el pasillo uno se reduce, todo ello respondiendo al mismo Organigrama Funcional. Ambas soluciones son topológicamente iguales.

OPCIÓN 3.2

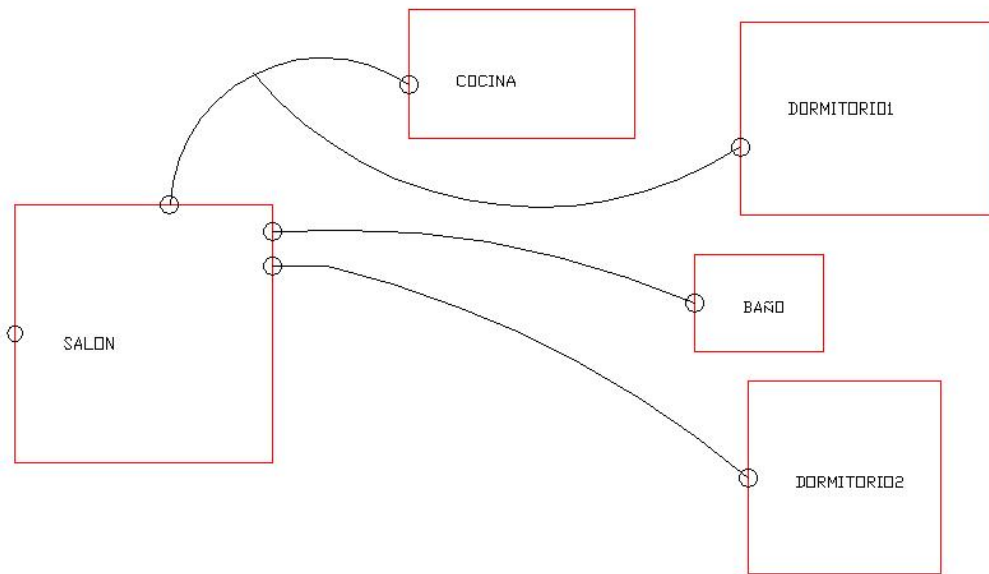
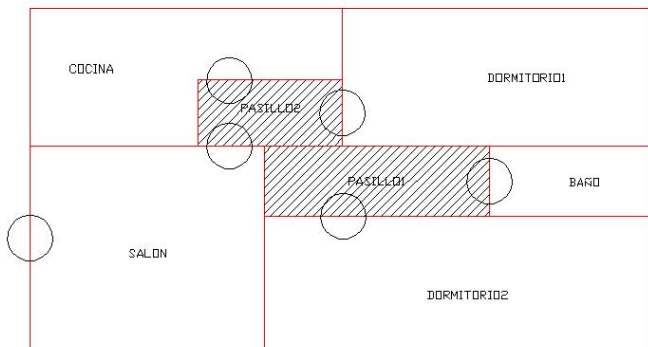
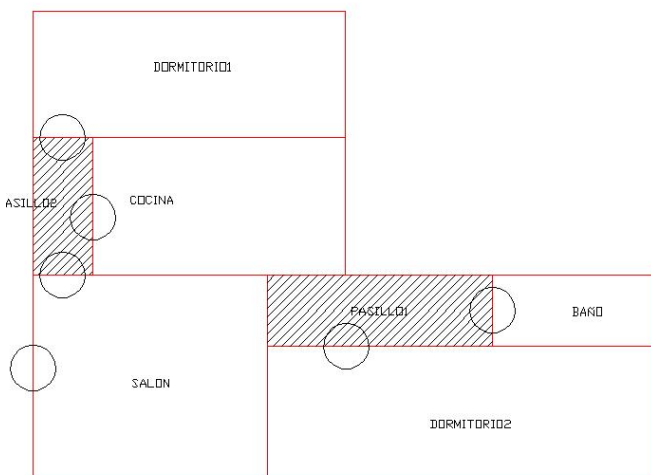


Fig. II.5.7. Ejemplo de Organigrama funcional (opción 3.2) y dos materializaciones posibles del mismo.



Observamos las dos materializaciones posibles del organigrama funcional opción 3.2.

Pueden resultar disposiciones arquitectónicas totalmente diferentes dependiendo de la parcela donde se sitúen. En el ejemplo superior para una parcela rectangular podría dar esa solución, en el ejemplo inferior para una parcela en "L".



Ofrecer a la Máquina un amplio espectro de posibilidades reales, es la misión de la creación del árbol de opciones de organigramas funcionales.

OPCIÓN 3.3

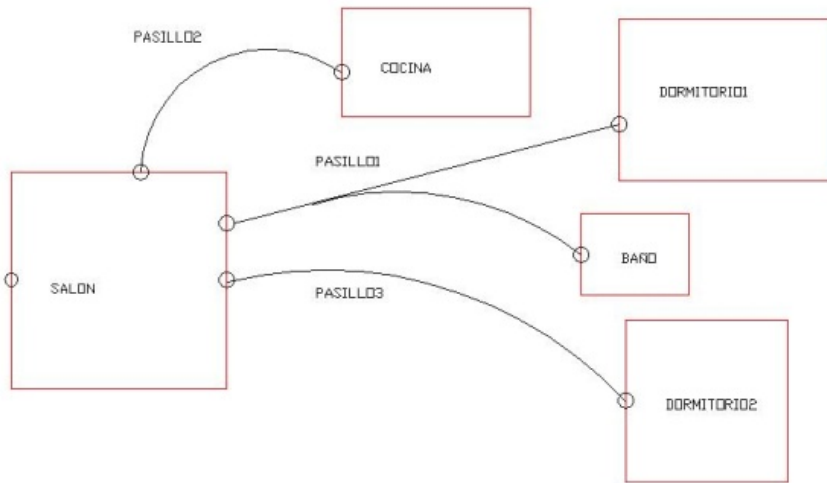
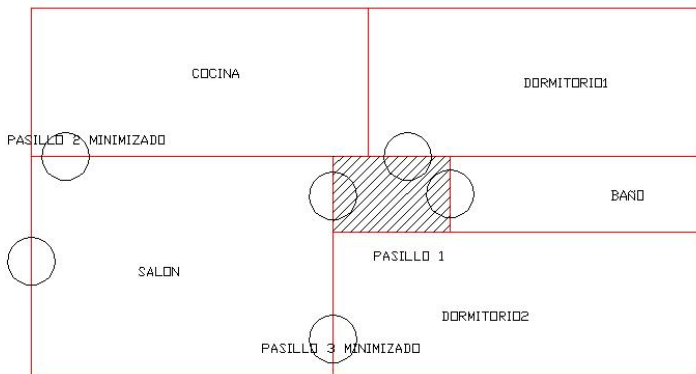
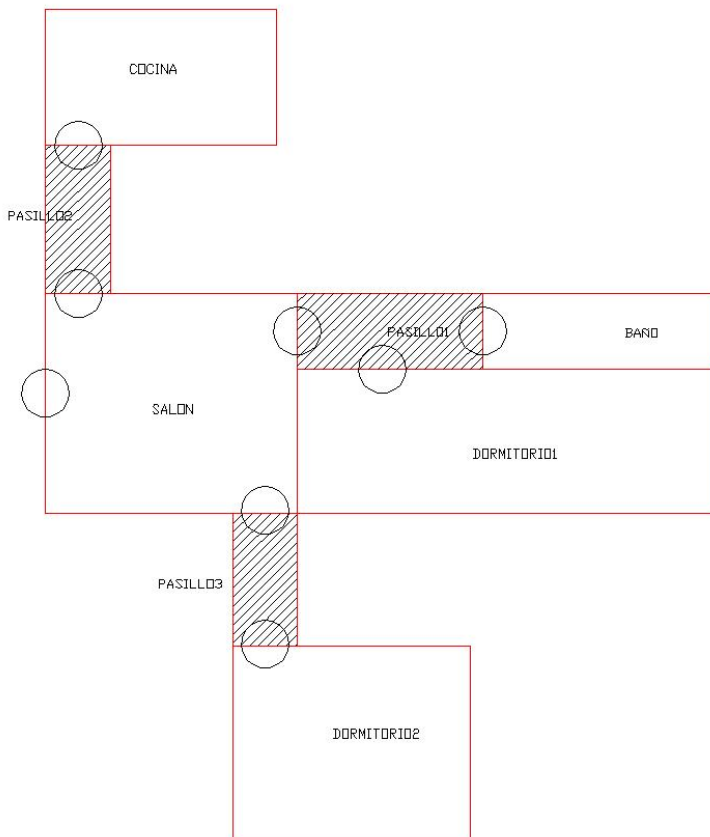


Fig.II.5.8.Ejemplo de Organigrama funcional (opción 3.3) y dos materializaciones posibles del mismo.



Observamos que dos disposiciones tan dispares resultan del organigrama opción 3.3.

Planta Superior. Una distribución convencional para una parcela rectangular y un solo pasillo, dado que los otros dos pasillos se ha minimizado a 0.



Planta Inferior. Una distribución que responde a una parcela compleja, donde tiene que separar dos habitaciones de la zona principal. En este caso se producen los tres pasillos, para que se puedan realizar las circulaciones.

Comparando en abstracto las dos propuestas, la superior es mejor, dado que utiliza menor número de segmentos para generarla, pero es el la introducción en las condiciones de parcela, donde una opción a priori peor es la única que cumpla las restricciones.

Por ello se automatiza la creación de un árbol de opciones de Organigramas funcionales, para que se pueda optar por cualquier solución que intrínsecamente sea válida.

OPCIÓN 4

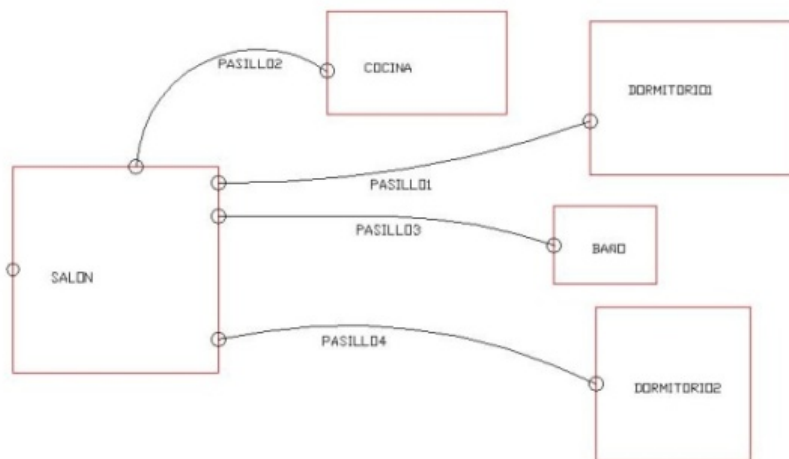
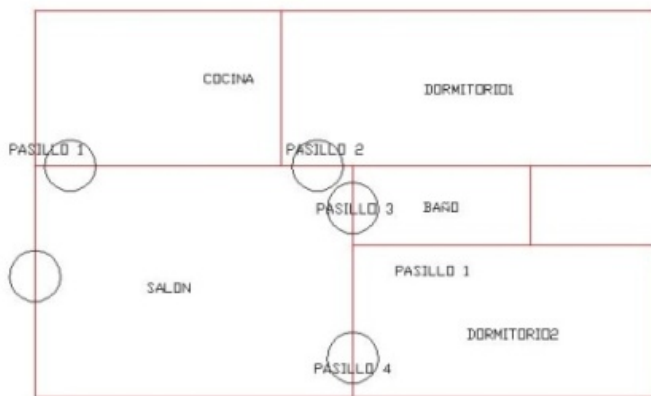
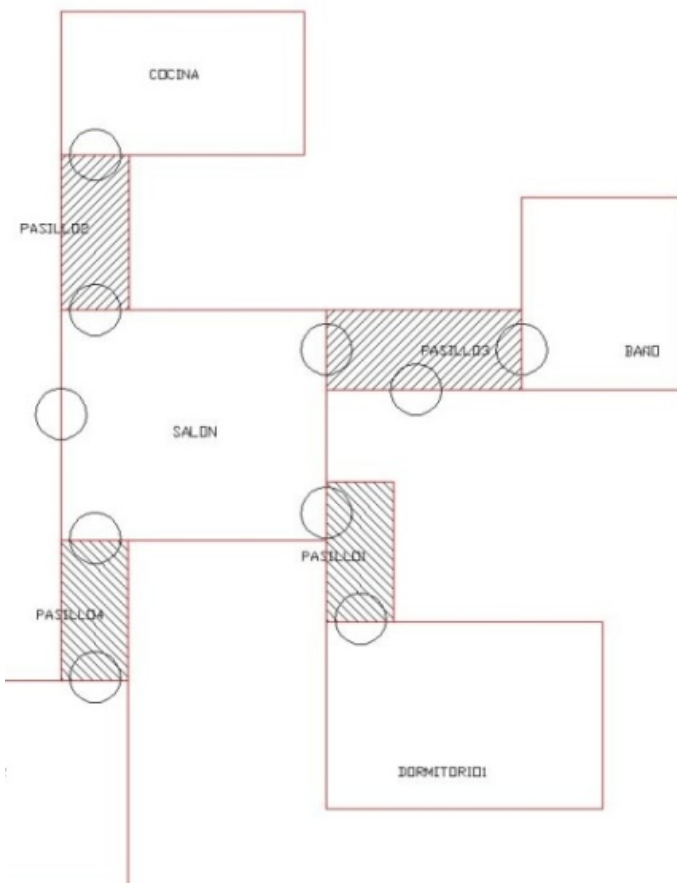


Fig. II.5.9. Ejemplo de Organigrama funcional (opción 4) y dos materializaciones posibles del mismo.



Observamos la opción de Organigrama Funcional llevada al límite. Para cuatro habitaciones finalistas vamos a utilizar cuatro pasillos. A cada habitación se llegará por una línea de circulación propia.

Esto se puede configurar en la práctica, en dos materializaciones completamente diferentes. En el ejemplo superior, los cuatro pasillos se ha reducido al mínimo hasta desaparecer, de forma que solo hay cuatro puertas que comunican con cada una de las habitaciones.



En el ejemplo inferior, totalmente contrapuesto al superior, para cada habitación se ha generado un pasillo y estas se encuentran separadas del salón.

Las posibilidades de colocación son altísimas y junto con los otros 14 Organigramas Funcionales posibles, le dan la capacidad a la máquina de enfrentarse a cualquier casuística de parcela.

Mostramos a continuación los 14 Organigramas funcionales, agrupándolos por nº de pasillos:

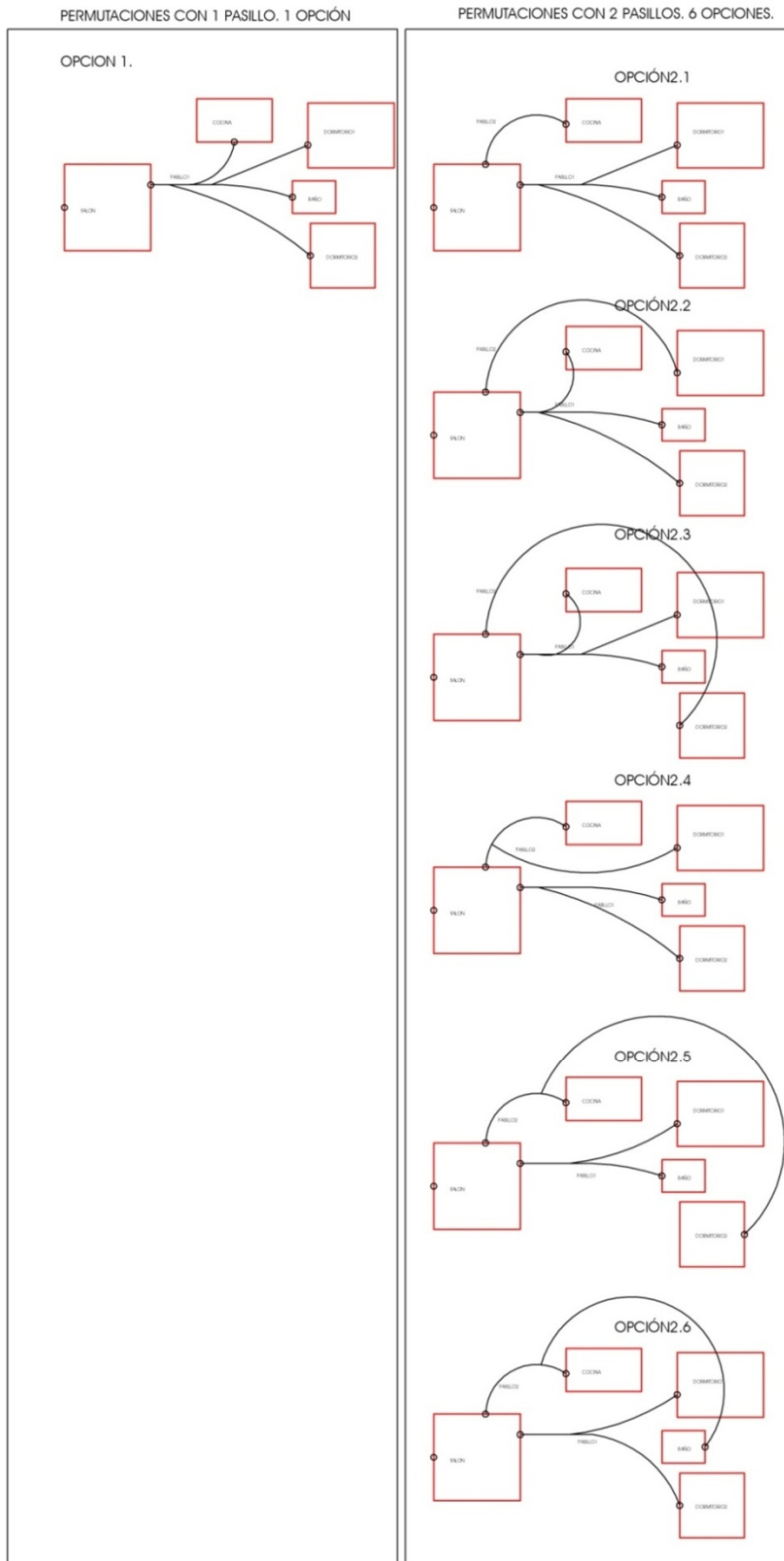


Fig. II.5.10. Opciones con 1 y 2 pasillos del Árbol completo de las 14 opciones de Organigrama Funcional para este Programa de Necesidades.

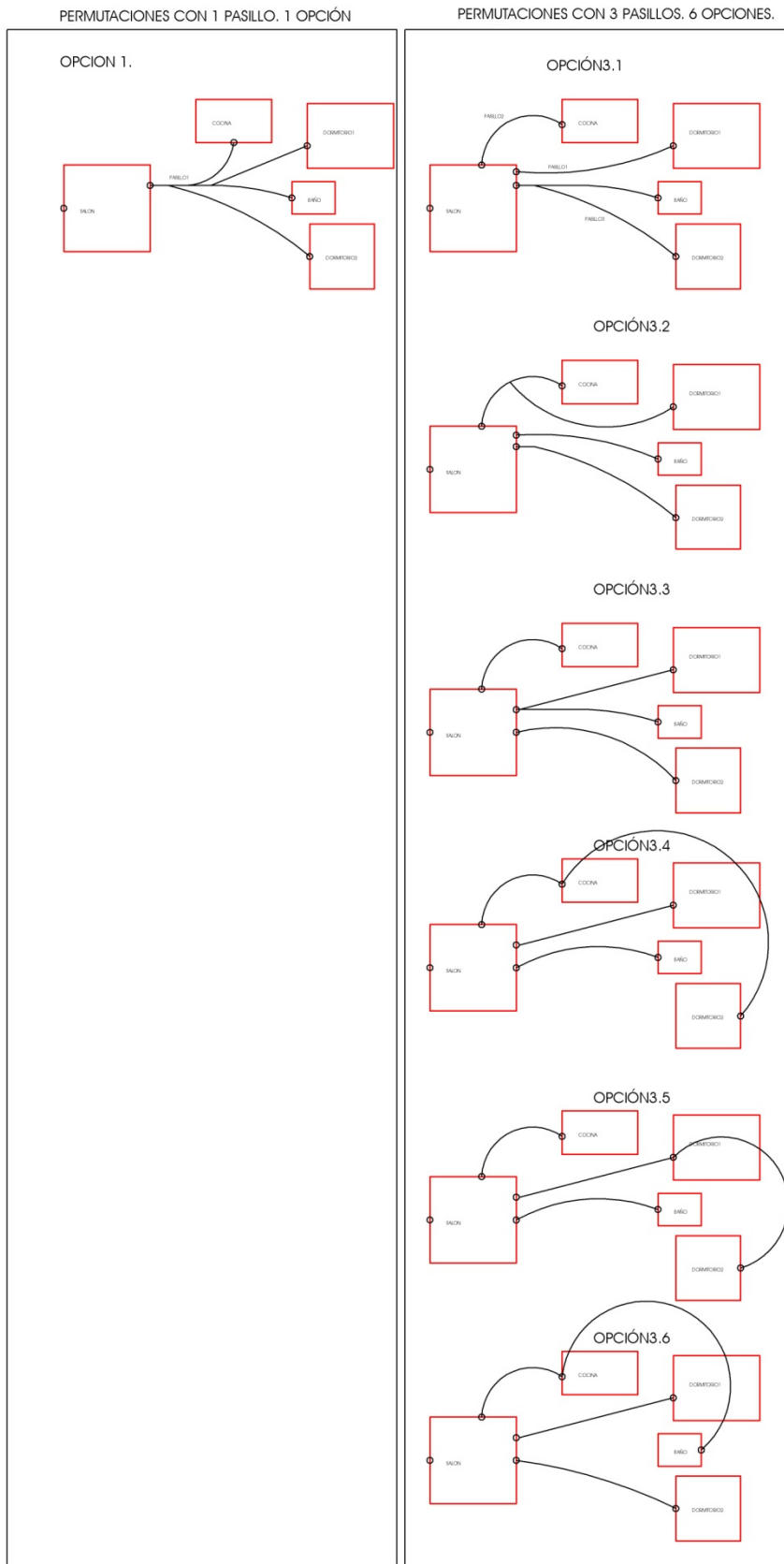


Fig. II.5.11. Opciones con 1 y 3 pasillos del Árbol completo de las 14 opciones de Organigrama Funcional para este Programa de Necesidades.

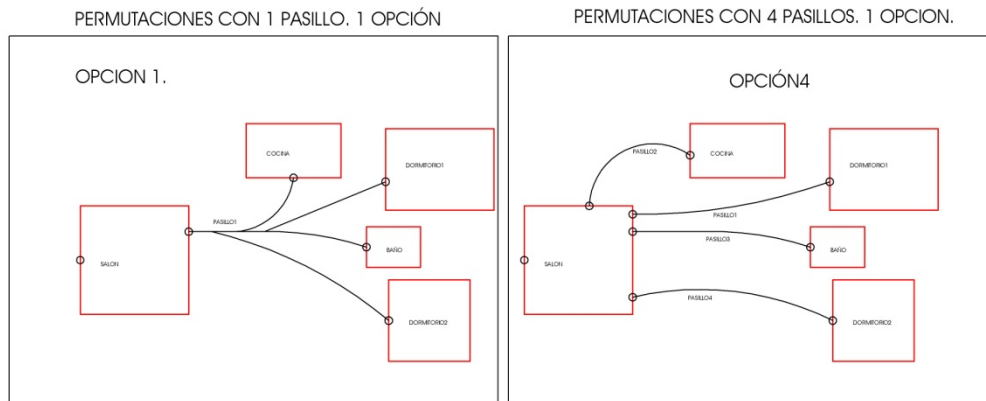


Fig.II.5.12. Opciones con 1 y 4 pasillos del Árbol completo de las 14 opciones de Organigrama Funcional para este Programa de Necesidades.

Vemos, para el anterior ejemplo con Programa de Necesidades de 5 habitaciones, que se pueden generar 14 opciones de Diagrama Funcionales. Son 14 disposiciones topológicas diferentes que pueden producir infinitas disposiciones geométricas.

La máquina debe ser capaz de, con el Programa de Necesidades Básico definido, crear todas las disposiciones topológicas posibles y de esta forma poder “jugar” con ellas para enfrentarse a cualquier casuística, al igual que hace la mente humana.

II.5.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN ORGANIGRAMA FUNCIONAL.

1. **HABITACIONES:** Desde el punto de vista del funcionamiento, como elementos de comunicación, las habitaciones las clasificamos en:

a) **HABITACIONES DE PROGRAMA:** Quedan definidas desde el Programa de Necesidades. Entre otros parámetros, se definen las puertas y sus dimensiones mínimas en relación a sus necesidades. Si son habitaciones Finalistas o de Paso se definen también en el programa de necesidades.

a. **Habitaciones Finalistas.** La circulación acaba en ellas. Tienen al menos un paso, la puerta de entrada.

Ej.: Dormitorio, baño, etc.

b. **Habitaciones de Transición.** La circulación pasa a través de la habitación, tiene al menos dos pasos, uno de entrada y otro de salida.

Ej.: Hall entrada, salón que de paso a las habitaciones, etc.

Se representan en el Organigrama Funcional con rectángulos, los cuales no representan ni su forma ni su posición, solo el orden y las relaciones con los otros rectángulos.

b) **HABITACIONES DE CIRCULACIÓN:** No están definidas en el Programa de Necesidades. Se definen en el Organigrama Funcional. No tienen otra función que la circulación. Se crean materializando las líneas de circulación de los Organigramas Funcionales. Se deben minimizar lo más posible cumpliendo sus propias restricciones. Ponen en contacto dos pasos, uno de salida con uno de entrada. En el esquema ideal, en la optimización de los espacios, si se minimiza hasta desaparecer la habitación de circulación, el paso se materializa en una sola puerta.

Se representan en el Organigrama Funcional como líneas que conectan las habitaciones. Van de un Paso de Salida (P.S.) de una habitación a Paso de Entrada (P.E.) de otra habitación.

2. **PASOS:** Son lo que denominamos constructivamente “puertas” o “huecos de paso”. Toda habitación tiene al menos **un paso de entrada**. Si no tuviera ninguno no se consideraría habitación, sería un espacio no habitable, un espacio libre, no computaría.

Si la habitación solo tiene pasos de entrada es que es una habitación **finalista**.

Si la habitación tiene también **un paso de salida**, se considera por tanto que es una habitación de **transición** o de **circulación**.

Se representan con círculos en el perímetro de la habitación. No indican posición ni tamaño ni características. Vienen definidos desde el Programa de Necesidades dentro de las características de la habitación.

- 3. SENTIDO DE CIRCULACIÓN:** En general, todos los recorridos cuentan con una circulación con doble sentido, es decir, por donde se circula para llegar a un lugar, se circula para salir. En el método que se propone, para no llevar a equivoco a la hora de denominar los pasos de entrada y salida, se establece el sentido desde el exterior del edificio hasta cada una de las habitaciones finalistas. **Sentido exterior – interior.**

Sentido Único ó Doble Sentido:

- **Doble sentido de circulación.** Generalmente todos los flujos de circulación para personas se desarrollan en ambos sentidos.
- **Único sentido.** Es posible que se dé en algunos tipos de organización. Ej: Aeropuertos, escaleras y rampas mecánicas, carriles de circulación de vehículos, etc.

Independientemente del sentido de la circulación, la denominación de los pasos de entrada y salida se establecerá desde el exterior hacia el interior en la secuencia de las habitaciones.

EJEMPLOS DE DIAGRAMAS FUNCIONALES Y SU MATERIALIZACIÓN.

Se presentan algunos de los Organigramas Funcionales del ejemplo y su materialización, es decir, cómo se disponen los espacios en planta cumpliendo con el Organigrama Funcional.

Son orientativos de un resultado viable, pero no tiene porque ser óptimo.(no tratándose necesariamente del óptimo)

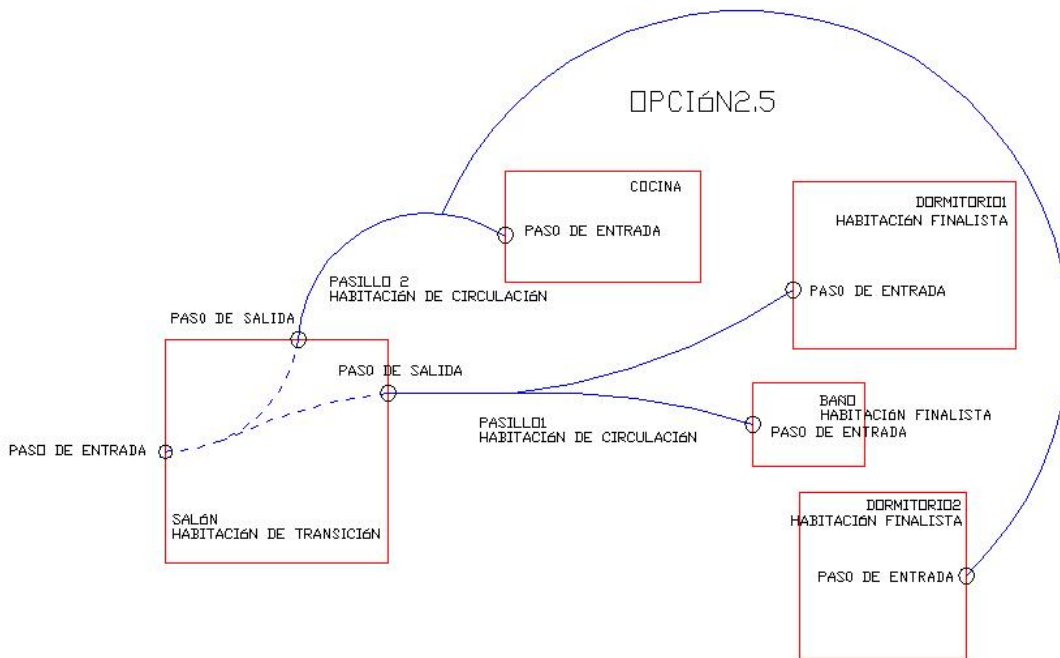
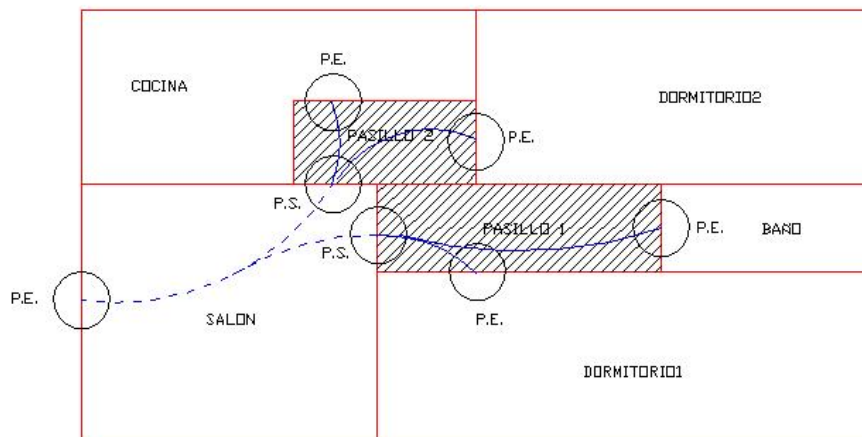


DIAGRAMA FUNCIONAL



EJEMPLO DE MATERIALIZACION

Fig. II.5.13. Ejemplo Organigrama Funcional (opción 2.5) y su materialización, con dos pasillos o habitaciones de circulación.

OPCIÓN 3.3

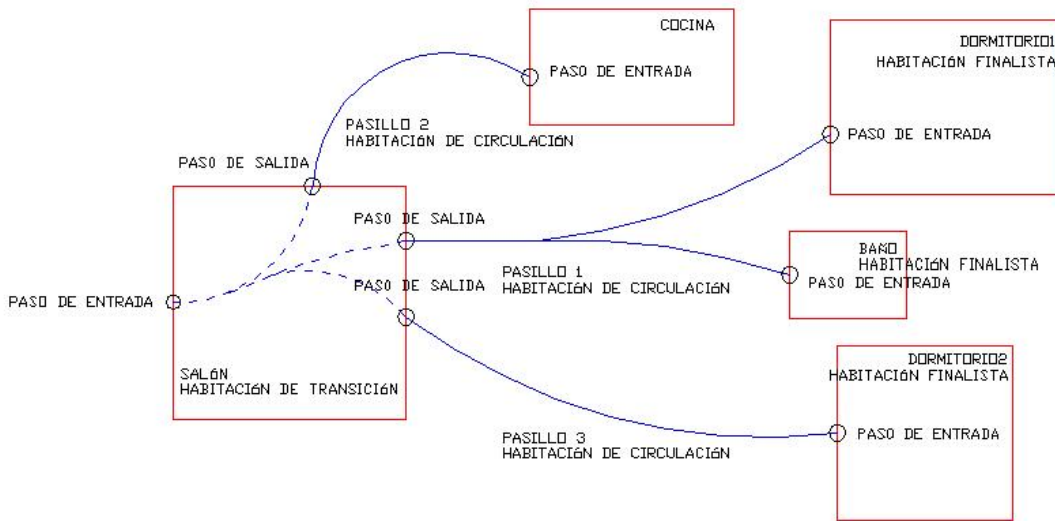
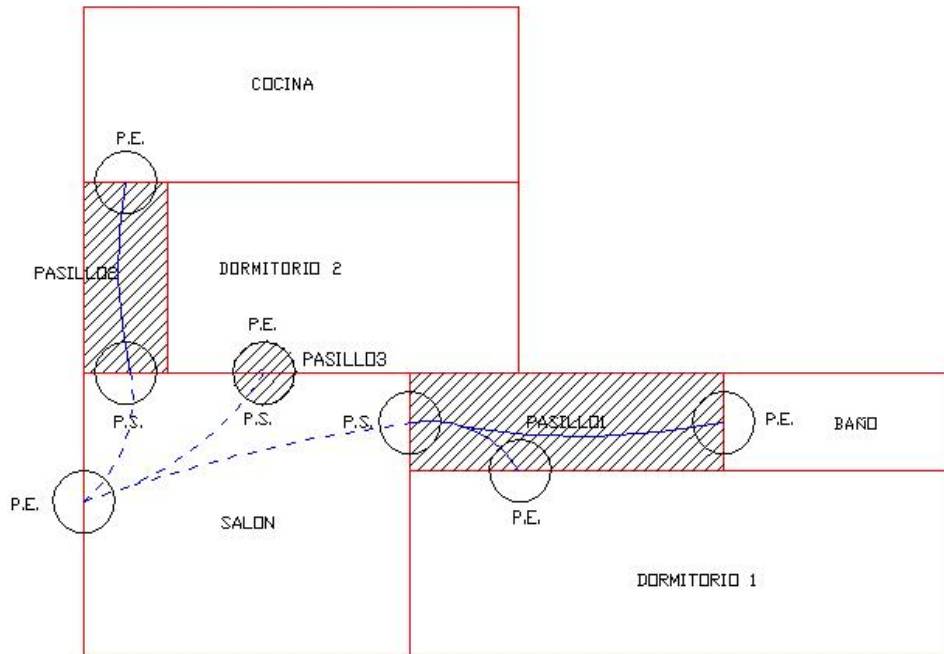


DIAGRAMA FUNCIONAL



EJEMPLO DE MATERIALIZACION

Fig. II.5.14. Ejemplo Organigrama Funcional (opción 2.5) y su materialización, con tres pasillos.

Observar que en la materialización el pasillo 3 se ha reducido a 0, coincidiendo el paso de entrada con el paso de salida en la misma unidad. La optimización consistirá, entre otros aspectos, en reducir las habitaciones de circulación y maximizar las habitaciones del programa de necesidades.



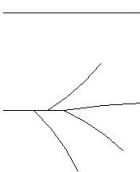
SÍMBOLO	L.MÉTODO	L.ARQUITECTÓNICO	L.MATEMÁTICO	OPTIMIZACIÓN
	HABITACIÓN, CÉLULA. -DE TRANSICIÓN. H.T. -FINALISTA. H.F.	HABITACIÓN	POLIGONO DE PROGRAMA	CUMPLIR REQUERIMIENTOS DEL P.N.
	PASO. -PASO DE ENTRADA. P.E. -PASO DE SALIDA. P.S.	HUECO DE PASO	SEGMENTO COMÚN DE CONTACTO ENTRE DOS POLIGONOS CONEXOS	CUMPLIR REQUERIMIENTOS DEL P.N.
	HABITACIÓN DE CIRCULACIÓN. H.C.	HABITACIÓN DE CIRCULACIÓN (PASILLO, DISTRIBUIDOR) HABITACIÓN DE CIRCULACIÓN (PASILLO, DISTRIBUIDOR) ENTRE VARIAS HABITACIONES	POLIGONO DE COMUNICACIÓN CON CONTACTO OBLIGADO ENTRE DOS POLIGONOS POLIGONO DE COMUNICACIÓN CON CONTACTO OBLIGADO ENTRE DOS POLIGONOS	A MINIMIZAR O ELIMINAR A MINIMIZAR O ELIMINAR

Fig. II.5.15. Simbología y Lenguajes de un Organigrama Funcional.

II.5.4.- GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE LOS ORGANIGRAMAS FUNCIONALES.

Hemos visto a través del ejemplo anterior que, a partir de un Programa de Necesidades de una vivienda compuesta por un salón como habitación de entrada a la vivienda (habitación de transición) y otras cuatro habitaciones (habitaciones finalistas) se generan 14 Organigramas Funcionales posibles.

¿Cómo generamos los Organigramas Funcionales de manera automática?

Creemos todas las posibilidades de conexión utilizando dos parámetros:

- 1. Nº de Pasos de Salida de la Habitación de Transición.** Viene determinado un máximo en el Programa de Necesidades ó correspondía al nº máximo de pasillos posibles.
Pasos de Salida = Definido en Programa de Necesidades o (nº de Pasillos = nº de Pasos Entrada a comunicar)
En el Ejemplo: Número de pasos de salida. = 4. No definidos en Programa de Necesidades, por tanto los pasos de salida corresponden con el nº de habitaciones a comunicar.

SALÓN COMO HABITACIÓN DE TRANSICIÓN A CUATRO HABITACIONES.
OPCIONES DE DIAGRAMAS FUNCIONALES QUE SE CREAN.

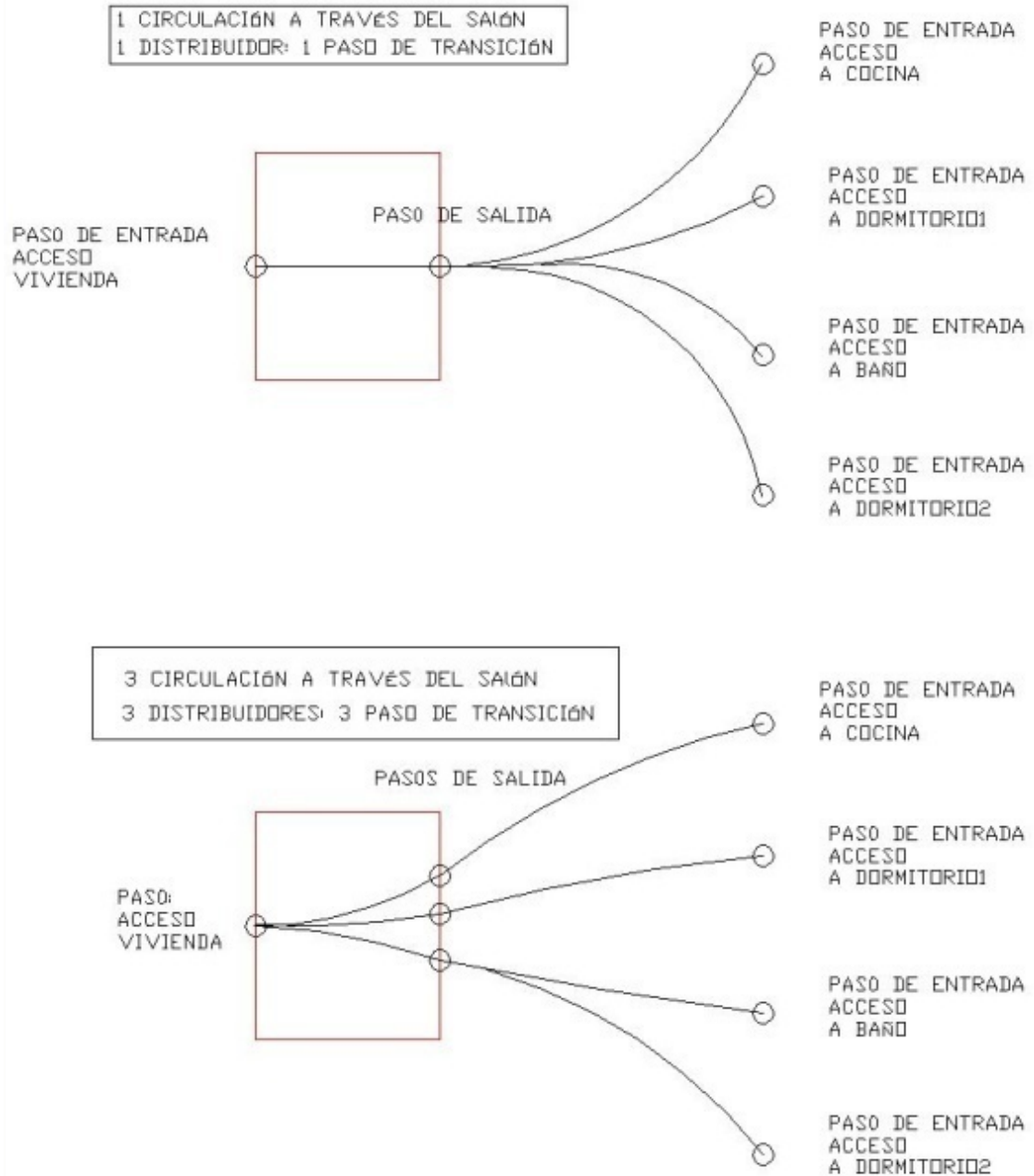


Fig. II.5.16. Representación gráfica del número de pasos de salida para la habitación de transición. Esquemas para un paso de salida y para tres pasos de salida.

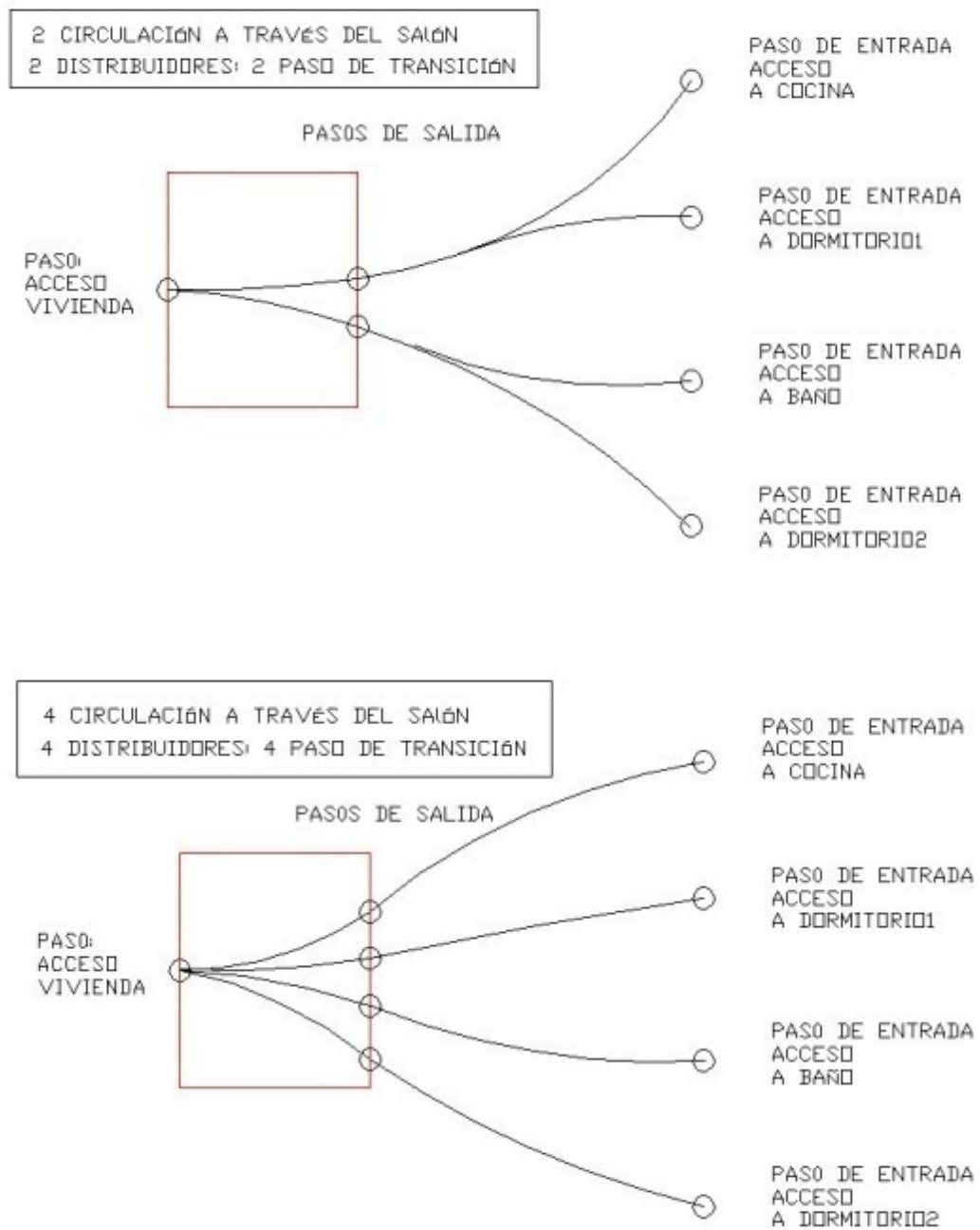
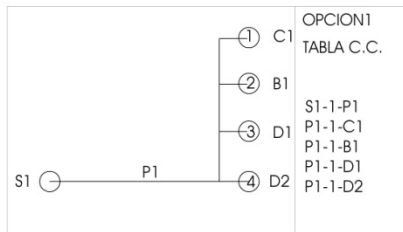


Fig. II.5.17. Representación gráfica del número de pasos de salida para la habitación de transición. Esquemas para dos pasos de salida y para cuatro pasos de salida.

2. Nº de Pasos de Entrada de la Habitaciones Finalistas. Es la sumatoria de los pasos de entrada de las habitaciones finalistas. Viene definido en el Programa de Necesidades. En el ejemplo: número de pasos de entrada = 4

PERMUTACIONES CON 1 PASILLO. 1 OPCIÓN



Con estos dos datos, de uno a cuatro pasos de salida y 4 pasos de entrada, realizamos las permutaciones que nos generan los Organigramas Funcionales.

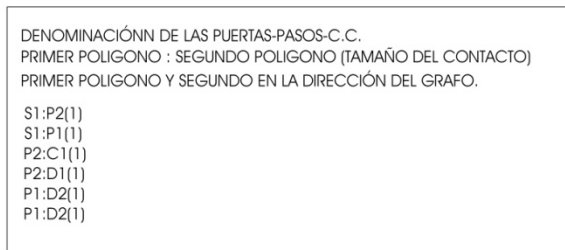
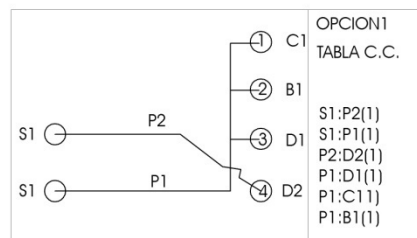
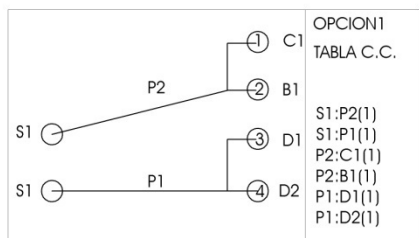
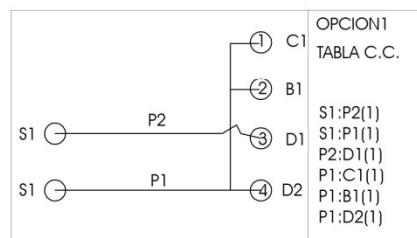
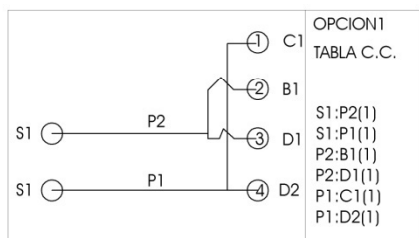
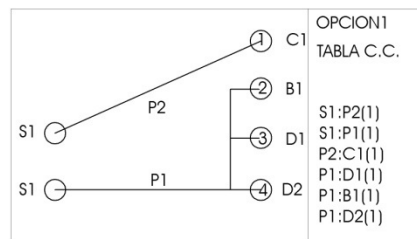
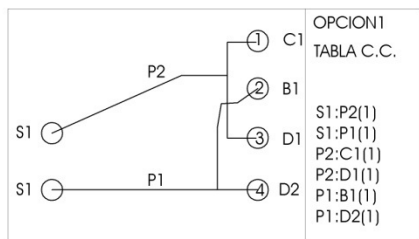
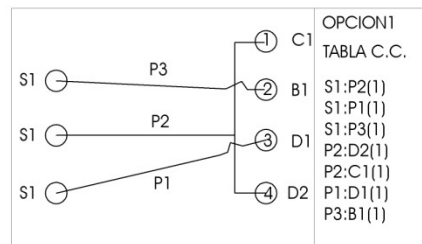
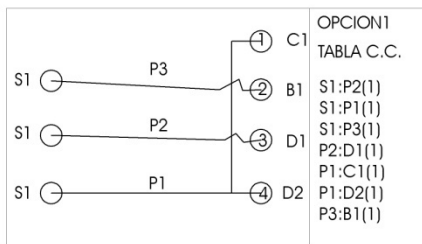
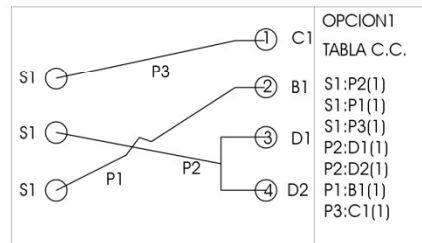
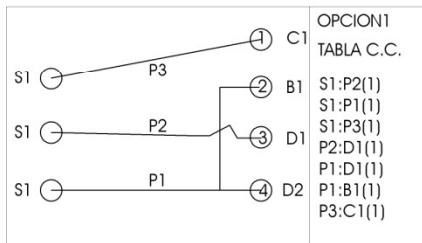
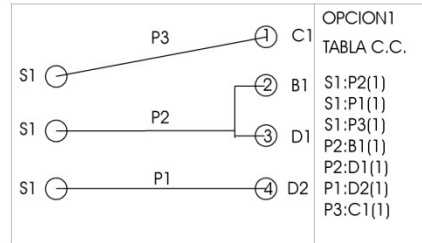
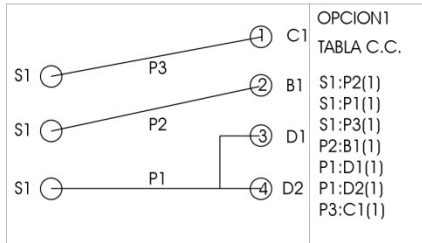


Fig. II.5.18 Permutaciones posibles para la creación del O.F. tomando los pasos de entrada y salida de las habitaciones que componen la Unidad Funcional. Permutaciones con 1 y 2 pasillos. Para cuatro habitaciones finalistas.

PERMUTACIONES CON 2 PASILLOS. 6 OPCIONES.



PERMUTACIONES CON 3 PASILLOS. 6 OPCIONES.



PERMUTACIONES CON 4 PASILLOS. 1 OPCION.

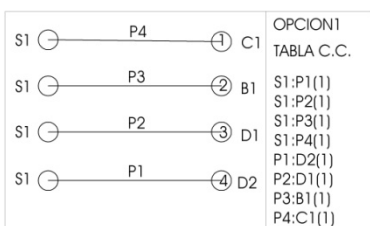


Fig. II.5.19 Permutaciones posibles para la creación del O.F. tomando los pasos de entrada y salida de las habitaciones que componen la Unidad Funcional. Permutaciones con 3 y 4 pasillos. Para cuatro habitaciones finalistas.

DENOMINACIÓN DE LAS PUERTAS-PASOS-C.C.
PRIMER POLIGONO : SEGUNDO POLIGONO (TAMAÑO DEL CONTACTO)
PRIMER POLIGONO Y SEGUNDO EN LA DIRECCIÓN DEL GRAFO.

- S1:P2(1)
- S1:P1(1)
- P2:C1(1)
- P2:D1(1)
- P1:D2(1)
- P1:D2(1)

RESUMEN: Con los datos que nos aporta el Programa de Necesidades, se realiza automáticamente la generación de posibles combinaciones que conforman los Organigramas Funcionales posibles. Cada Organigrama Funcional va a Generar un Cuadro de Contactos entre Habitaciones. (C.C.)

II. 5.5.-SIMPLIFICACIÓN GRÁFICA DEL ORGANIGRAMA FUNCIONAL.

A la hora de manejar el árbol completo de Organigramas Funcionales, se podría hacer muy engorroso el manejo del mismo. En el ejemplo 1 propuesto se generan 14 Organigramas Funcionales. Es por lo que se propone una representación que contenga estas 14 opciones en un sólo formalismo gráfico.

ORGANIGRAMA SINTESIS QUE AGRUPA A LAS 14 OPCIONES

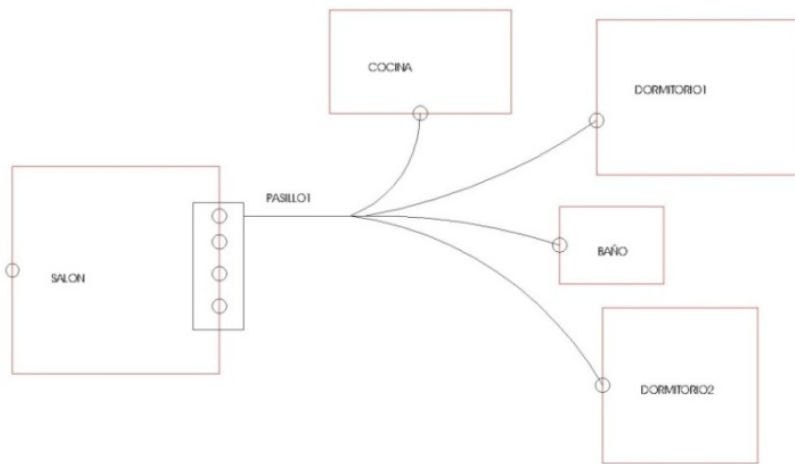


Fig. II.5.20. El organigrama superior representa a las 14 opciones de organigrama, que vemos en la imagen inferior, ya estudiadas. Se utiliza un símbolo de rectángulo conteniendo las 4 opciones de pasillo posible para realizar las permutaciones.

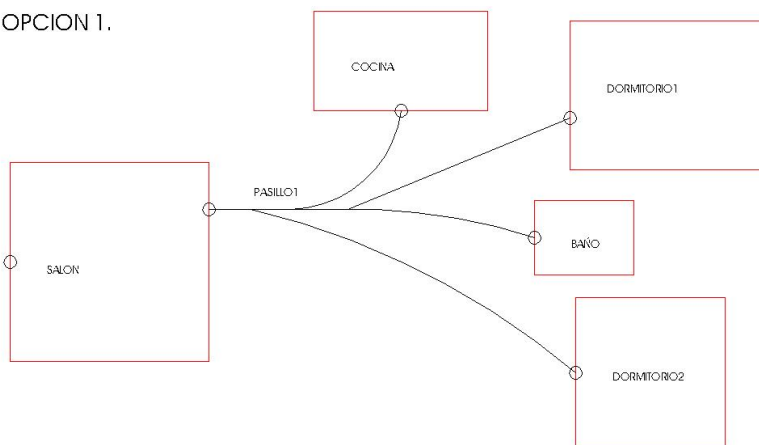


El símbolo del cuadrado conteniendo las cuatro opciones de Pasos de Salida sustituye al árbol de los 14 Organigramas desarrollados. A la hora de manejar edificios complejos y jerárquicos podemos expresar más rápidamente su diversidad. Ya se encargará la máquina de generar todas las opciones de forma automática.

II.5.6.- GENERACIÓN DEL CUADRO DE CONTACTOS.

Obtenidos los Organigramas Funcionales que nos indican los distintos contactos entre habitaciones, pasamos a desarrollar un cuadro con las mismas, así como la longitud del segmento común entre ambas estancias. Se considera el ancho mínimo de un espacio de circulación 1 m. (según normativa), pero dependerá de los requerimientos del paso de salida y del paso de entrada de la habitación anterior y de la posterior del circuito de circulación.

OPCION 1.



OPCION 1

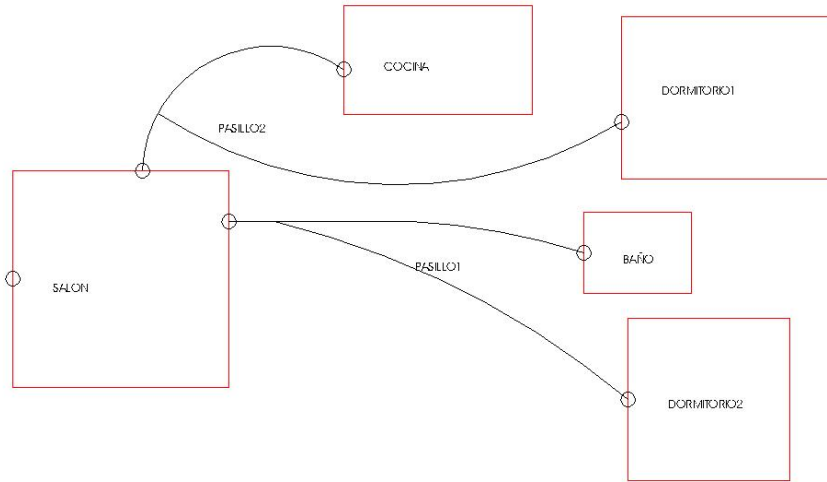
	SALON	COCINA	BAÑO	DOR1	DOR2	PASILLO 1
SALON						1 M.
COCINA						1 M.
BAÑO						1 M.
DOR1						1 M.
DOR2						1 M.
PASILLO 1	1 M.	1 M.	1 M.	1 M.	1 M.	

Fig. II.5.21. Desarrollo del Cuadro de Contactos para la Opción 1 del Organigrama Funcional de la tipología ejemplo.

Este caso, con un solo pasillo, éste debe ser un polígono que esté en contacto 1 m. con cada uno de los polígonos de las habitaciones.

El cuadro de contactos le indica a la Máquina los segmentos comunes que deben tener cada una de las habitaciones y su disposición, de forma que se cumpla esas condiciones de contacto.

OPCIÓN 2.4



OPCIÓN 2.4

	SALON	COCINA	BAÑO	DOR1	DOR2	PASILLO 1	PASILLO 2
SALON						1 M.	1 M.
COCINA							1 M.
BAÑO						1 M.	
DOR1							1 M.
DOR2						1 M.	
PASILLO 1	1 M.		1 M.		1 M.		
PASILLO 2	1 M.	1 M.		1 M.			

Fig. II.5.22. Desarrollo del Cuadro de Contactos para la Opción 2.4 del O.F. de la tipología ejemplo, con dos pasillos.

II.5.7.- JERARQUÍA Y ESCALA EN EL ORGANIGRAMA FUNCIONAL Y PROGRAMA DE NECESIDADES.

Los Programas de Necesidades y Organigramas se pueden simplificar agrupando habitaciones en conjuntos que tienen un funcionamiento autónomo dentro de la Edificación. Un edificio complejo, con diversidad de usos y funcionamiento, lo podemos simplificar aplicándole diferentes escalas.

Las unidades componen una Jerarquía Escalar deben poder funcionar de forma autónoma.

3. E1: DEFINICIÓN GENERAL POR USOS DE FUNCIONAMIENTO INDEPENDIENTE.

Se agrupan por usos, de forma que el residencial, oficinas, comercial y aparcamiento necesitan un acceso independiente desde la calle. No se mezclan las circulaciones.

4. E2: DEFINICIÓN INTERMEDIA POR UNIDADES DE FUNCIONAMIENTO INDEPENDIENTE.

Dentro de cada uso, se dividen por unidades de explotación funcionalmente independientes. Se definen las viviendas, los locales, las oficinas y los aparcamientos individualizados.

5. E3: DEFINICIÓN PORMENORIZADA POR HABITACIONES.

Se definen cada una de las habitaciones de la edificación. Los tres Organigramas a diferentes escalas representan el mismo funcionamiento. Cada organigrama produce un Cuadro de Contactos. El cuadro de contactos E1 tiene menos parámetros que el E3. De forma que a la hora de Optimizar edificios muy complejos tomamos el E1 y cuando tengamos resultados bajamos de escala, es decir afinamos el resultado.

Cada proyecto puede tener diferentes de Jerarquías Escalares según la complejidad del Mismo y la posibilidad de creación de agrupaciones de funcionamientos.

Presento el siguiente ejemplo una edificación que tiene viviendas, oficinas, locales comerciales y aparcamientos, tanto privados como de alquiler. Cada uno de los usos debe tener un acceso independiente al edificio, por ello se separan en el nivel E1, en el nivel E2 se separan por unidades de viviendas, locales, etc. En el nivel E3 se separan directamente por habitaciones.

Este ejemplo ya fue utilizado en el Capítulo Anterior, Programa de Necesidades, para explicar la escalabilidad del sistema.

E1: ESCALA GENERAL: UNIDAD MÍNIMA: USOS DE FUNCIONAMIENTO INDEPENDIENTE

ESPACIO PÚBLICO (CALLE, PLAZA, ETC)

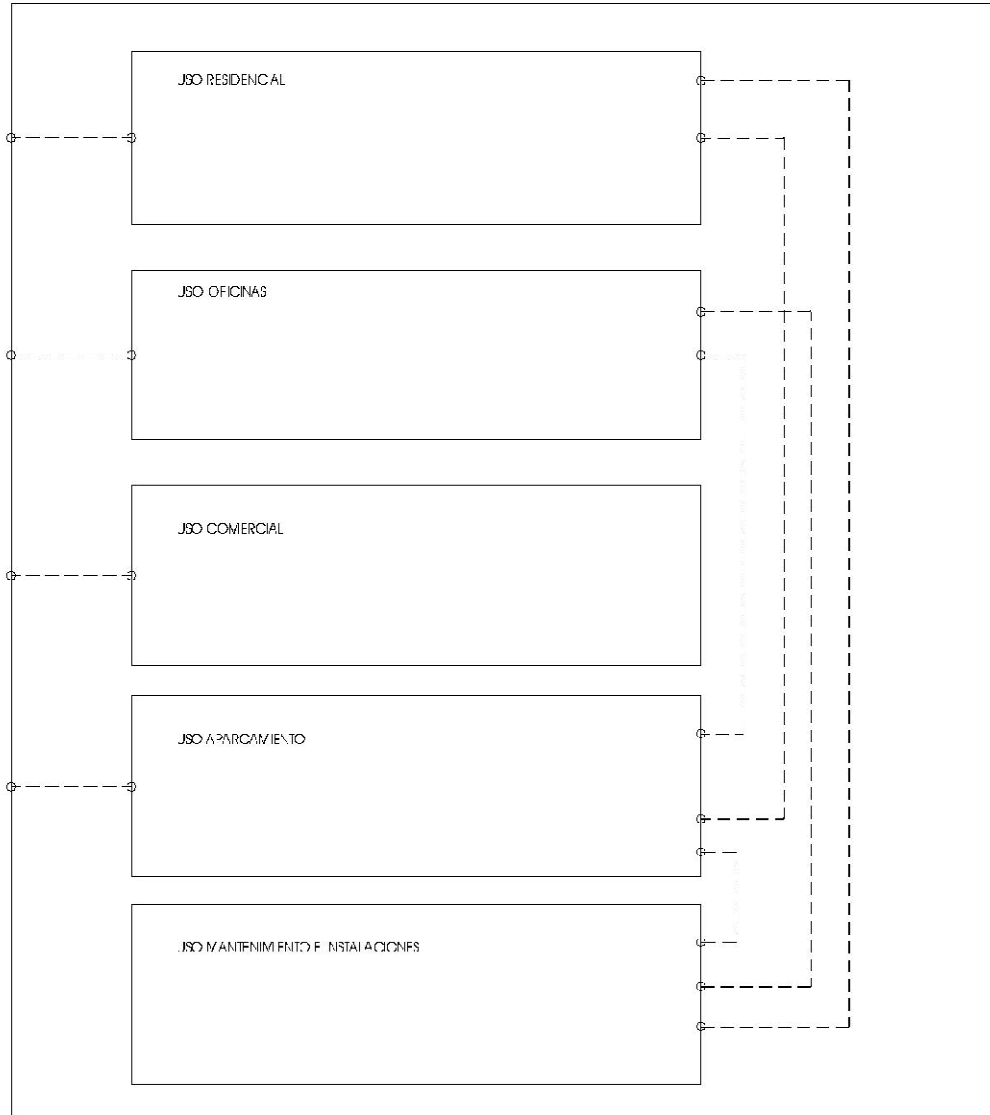


Fig. II.5.23. Organigrama Funcional a escala E1.

E2: ESCALA INTERMEDIA: UNIDAD MÍNIMA: AGRUPACIONES FUNCIONALES

ESPACIO PÚBLICO (CALLE, PLAZA, ETC.)

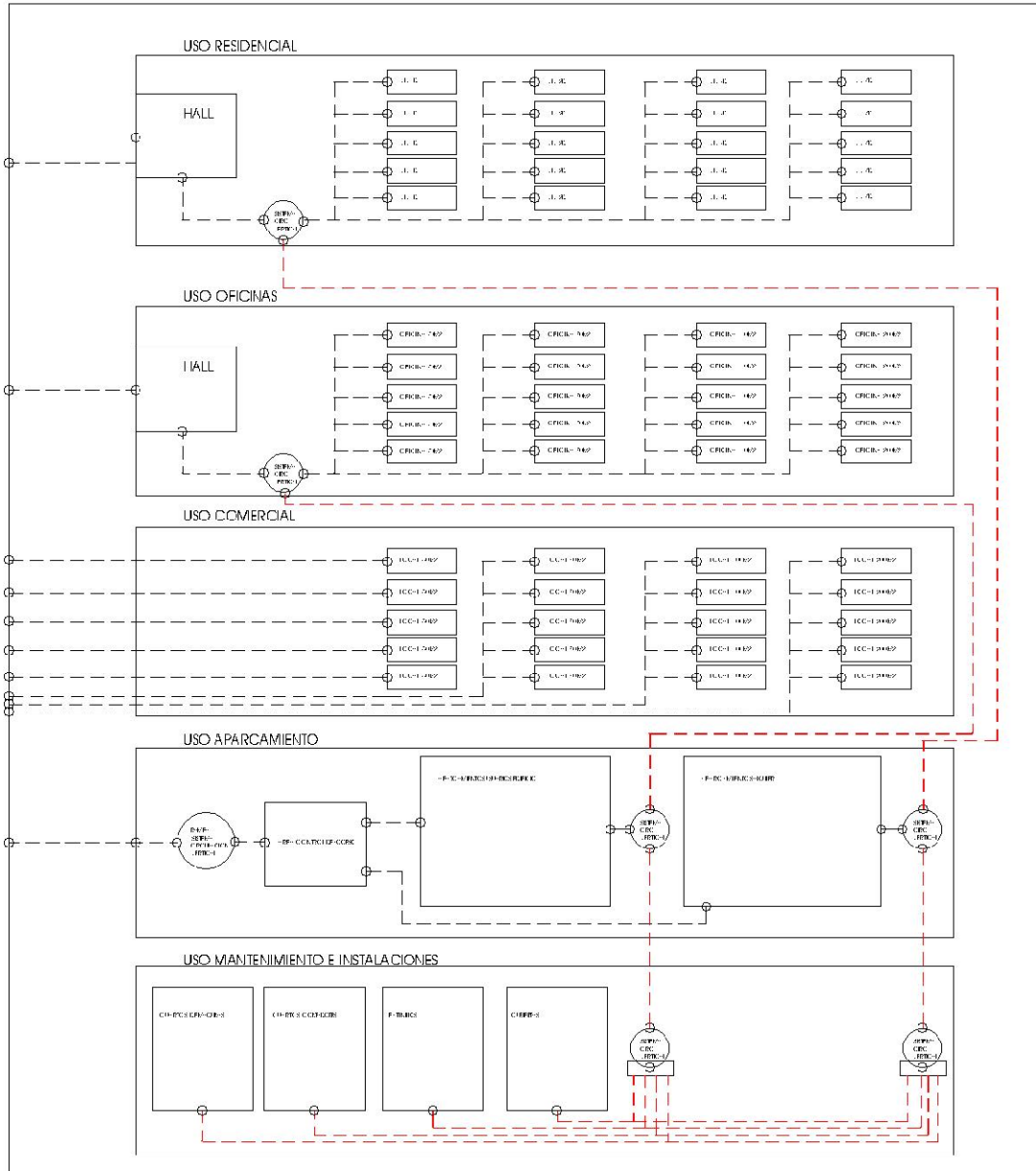


Fig. II.5.24. Organigrama Funcional a escala E2.

E3: ESCALA PORMENORIZADA: UNIDAD MÍNIMA: HABITACIÓN.

ESPACIO PÚBLICO (CALLE, PLAZA, ETC)

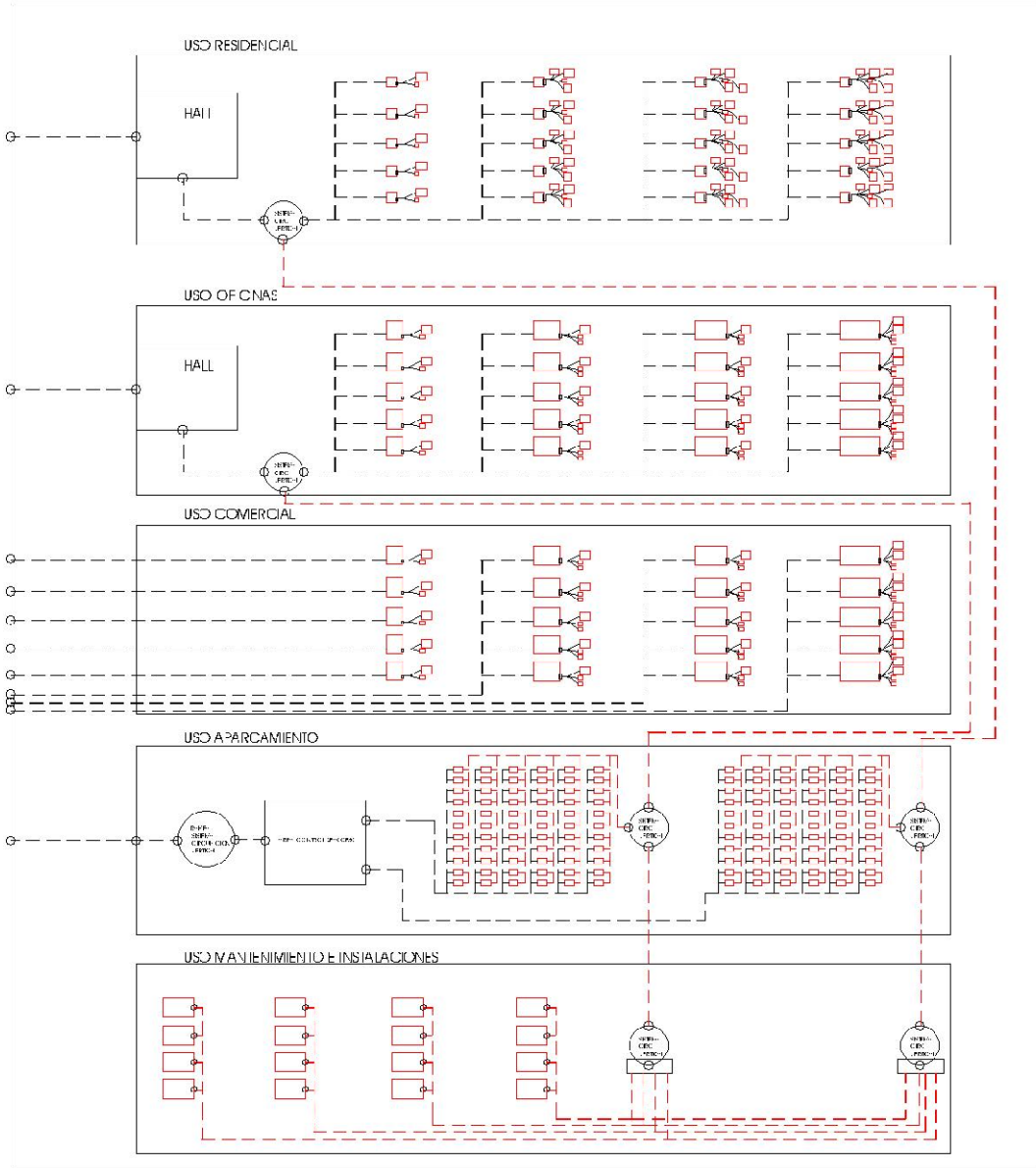


Fig. II.5.25. Organigrama Funcional a escala E3.

A fin de explicar las jerarquías vamos a avanzar en el ejemplo Inicial de una vivienda a un nivel superior escalár y vamos a desarrollar su O.F. y Cuadro de Contactos.

O.F. EDIFICIO DE 2 VIV DE 5 HAB

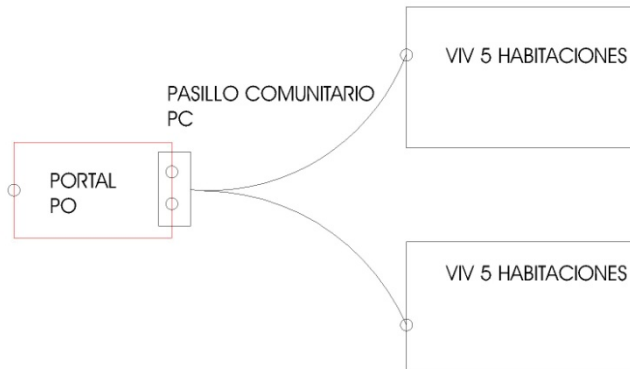


Fig. II.5.26. Organigrama Funcional a escala E2. Dos viviendas y un portal.

O.F. dibujado a una escala Jerárquica superior, donde el O.F. de las Viviendas ya no viene descrito. Se representan como una habitación y se denomina como el TIPO al que representa "VIV 5 HAB".

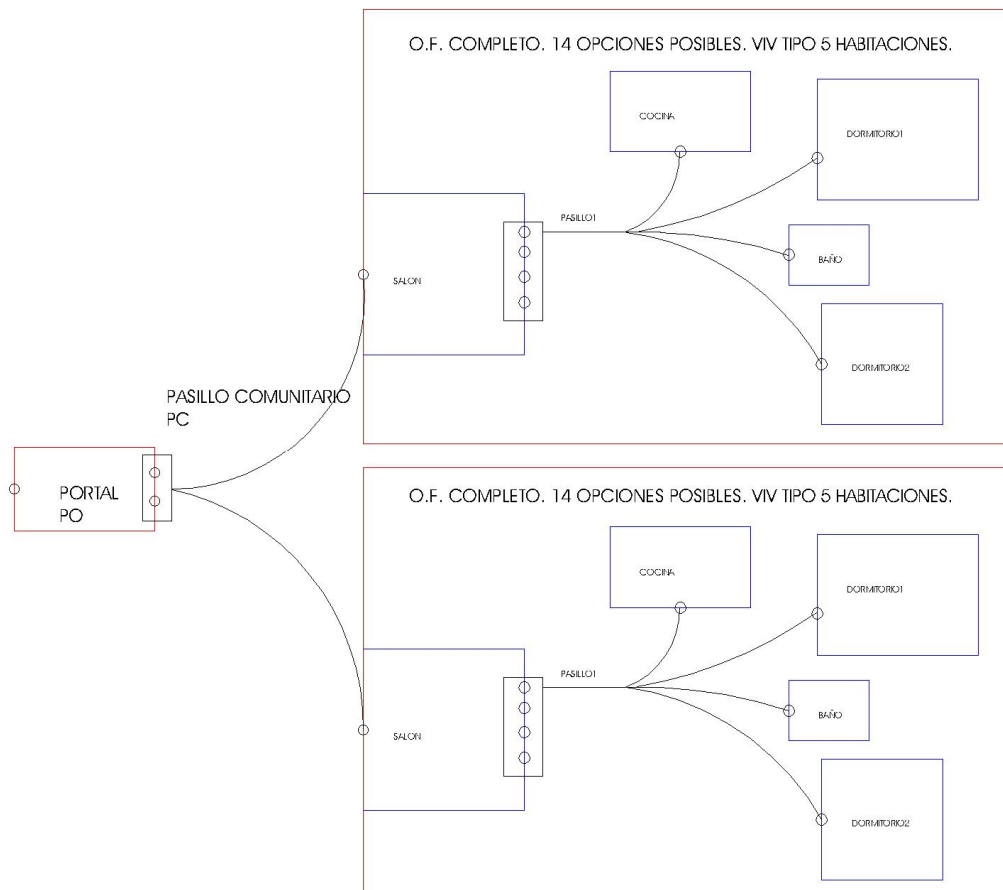


Fig. II.5.27. Organigrama Funcional a escala E1. Dos viviendas y un portal. Es el desarrollo del anterior.

Vemos el mismo Organigrama Funcional del edificio desplegado. Sabemos que tanto la vivienda superior como la inferior tienen 14 O.F., pues el conjunto de ambas 14 x 14 genera para el edificio 196 posibilidades de Organigrama Funcional. Además, como el acceso al portal puede ser por 1 ó 2 pasillos, duplica las opciones dando un total de 392 permutaciones de O.F.

Todo dependerá de la parcela en la que se ubique el proyecto, dado que para edificio aislado las viviendas tenderán a ser iguales y simétricas, por tanto se reducen a 14 x 2 las opciones prácticas. Pero en una parcela en forma de "L" entre medianeras la máquina deberá disponer de las 392 opciones de O.F. para hallar la óptima.

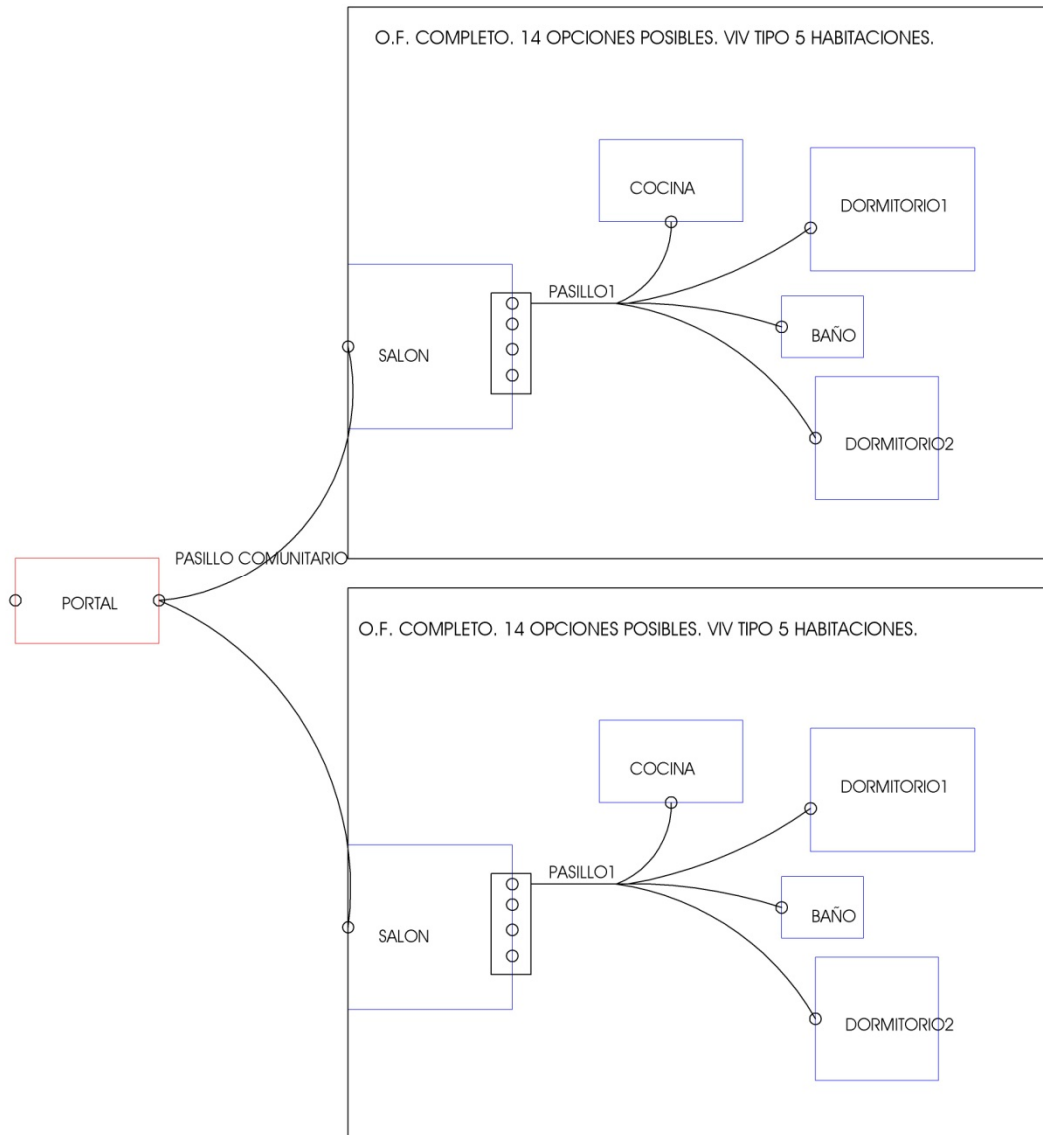


Fig. II.5.28. Organigrama de dos viviendas y un portal. Opción con un pasillo para acceder a las dos viviendas.

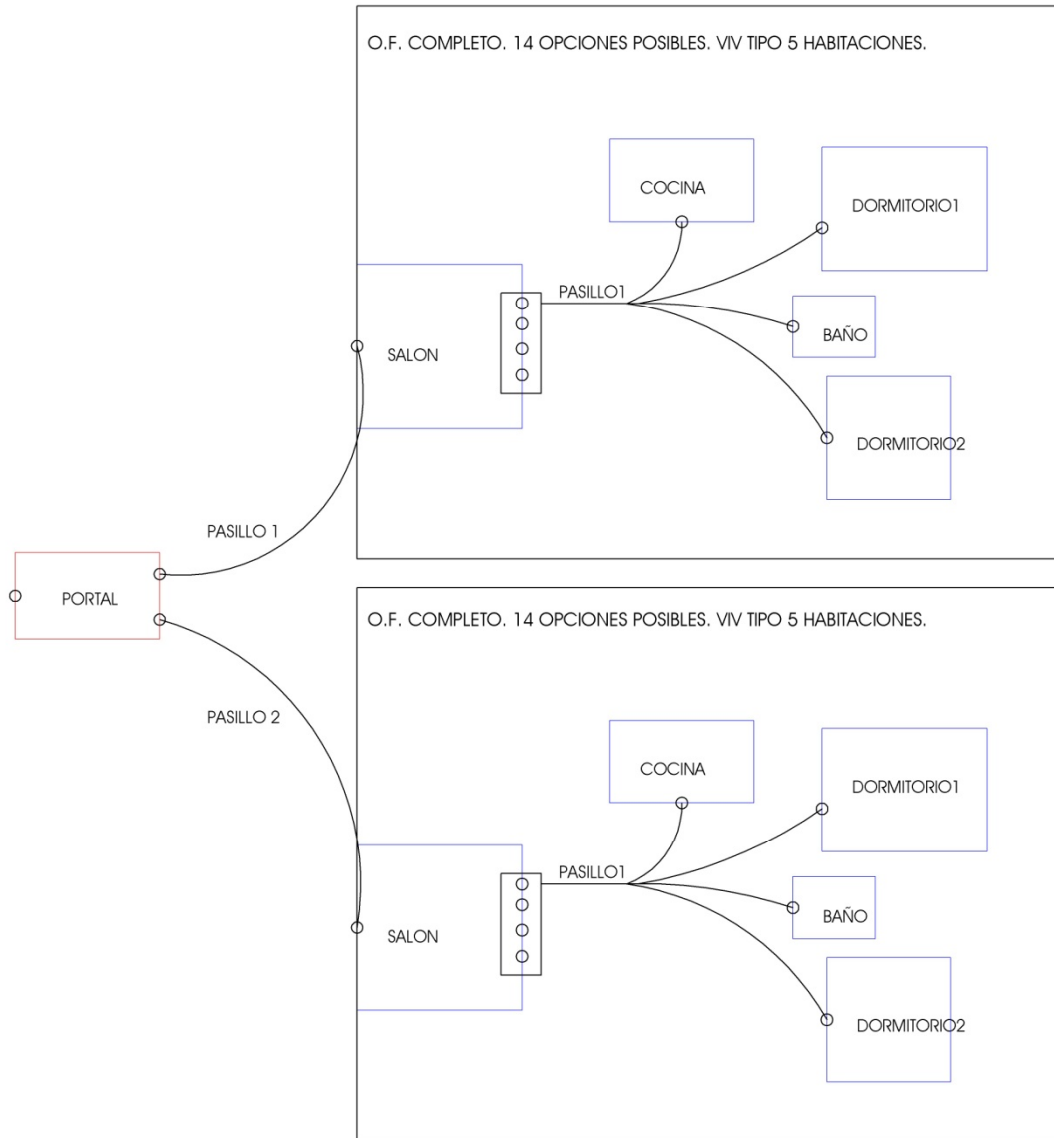


Fig. II.5.29. Organigrama de dos viviendas y un portal. Opción con dos pasillos para acceder a las dos viviendas.

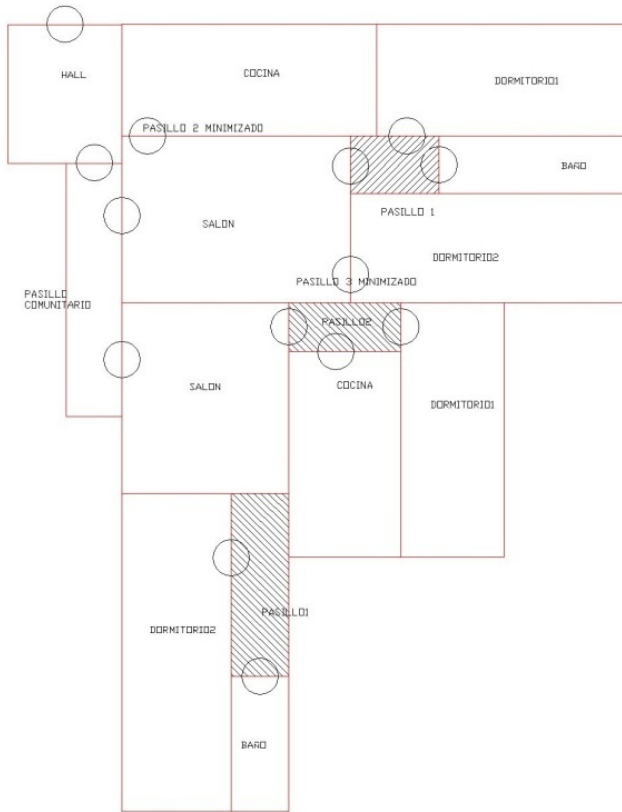


Fig. II.5.30. Materialización Opción Hall y Un pasillo. Solución adaptada a una parcela compleja dando por resultado 2 viviendas diferentes.

MATERIALIZACIÓN OPCIÓN HALL Y DOS PASILLOS. VIVIENDAS SIMÉTRICAS

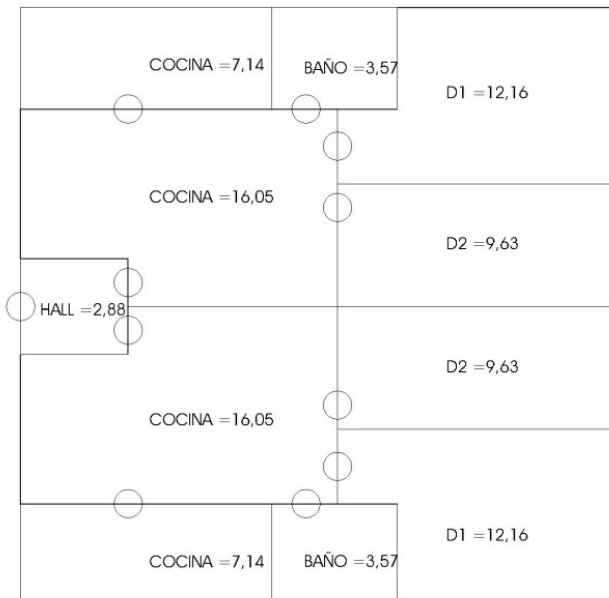


Fig. II.5.31. Materialización Opción Hall y Un pasillo. En este caso las condiciones de parcela son más favorables produciendo un distribución simétrica de viviendas.

5.8.- SUBDIVISIÓN DE PLANTAS EN NIVELES.

Avanzamos un paso más, la subdivisión del edificio por plantas de niveles en altura.

Hasta ahora con los datos de partida tenemos:

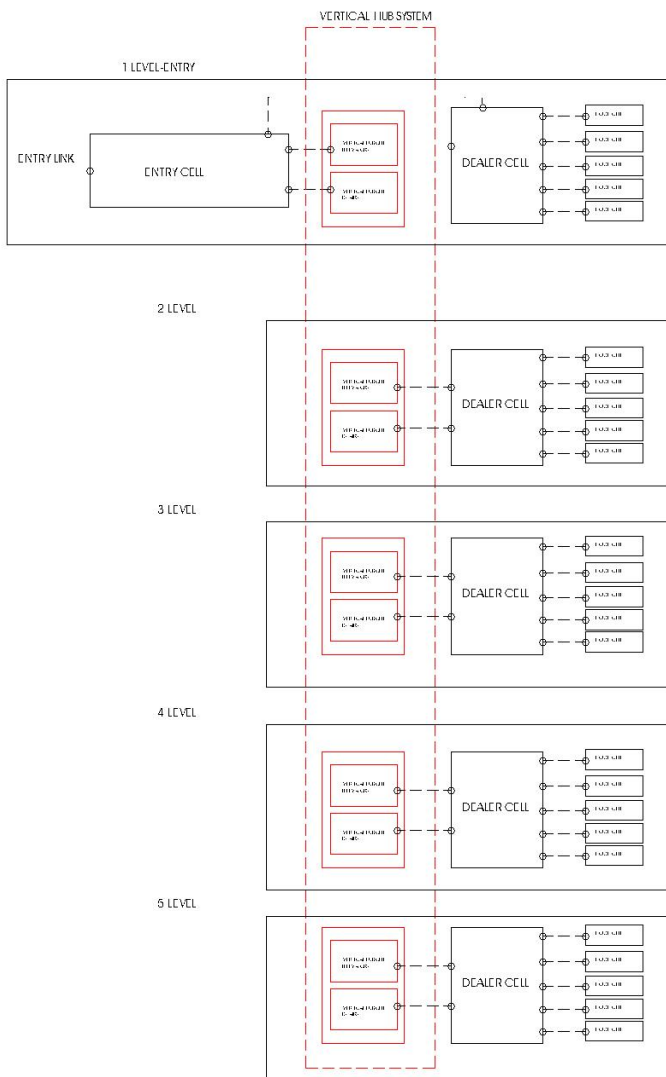
A.-Programa de Necesidades.

B.-Organigrama Funcional.

Ambos simplificados mediante un sistema de **Escalas**.

Ahora consideramos que el plano en el que se desarrollan las distribuciones de las habitaciones no es un plano continuo, se desarrolla en diferentes planos, los cuales están comunicados por unas Habitaciones de Circulación Vertical (Escaleras, Ascensores, Rampas).

Por tanto en esta fase, se crearán las variantes de O.F. que atiendan a la distribución del edificio en diferentes planos, todos ellos comunicados por las **Habitaciones de Circulación Vertical**.



Vemos en el ejemplo, el Diagrama Funcional de un edificio de 5 Niveles, 5 viviendas por nivel, un núcleo de comunicaciones que se repite idéntico en cada nivel y una habitación-hall de entrada en el nivel 1.

Las habitaciones de Circulación Vertical, se repiten en todos los niveles y constituyen un **Sistema de Comunicación Vertical**.

En base a este Organigrama Funcional por Niveles se crea un Cuadro de Contactos por Niveles y por tanto se hará una optimización por niveles.

Fig. II.5.32. Organigrama funcional de una edificación en varias plantas.

La subdivisión por niveles se realiza tanto para el Organigrama Funcional como para el Programa de Necesidades, produciendo las diferentes posibilidades. Pudiendo disponer diferentes tipos de viviendas según los niveles hasta encontrar la solución óptima. Hay que encontrar los ingredientes y las proporciones adecuadas de la formula.

Vemos un ejemplo más avanzado.

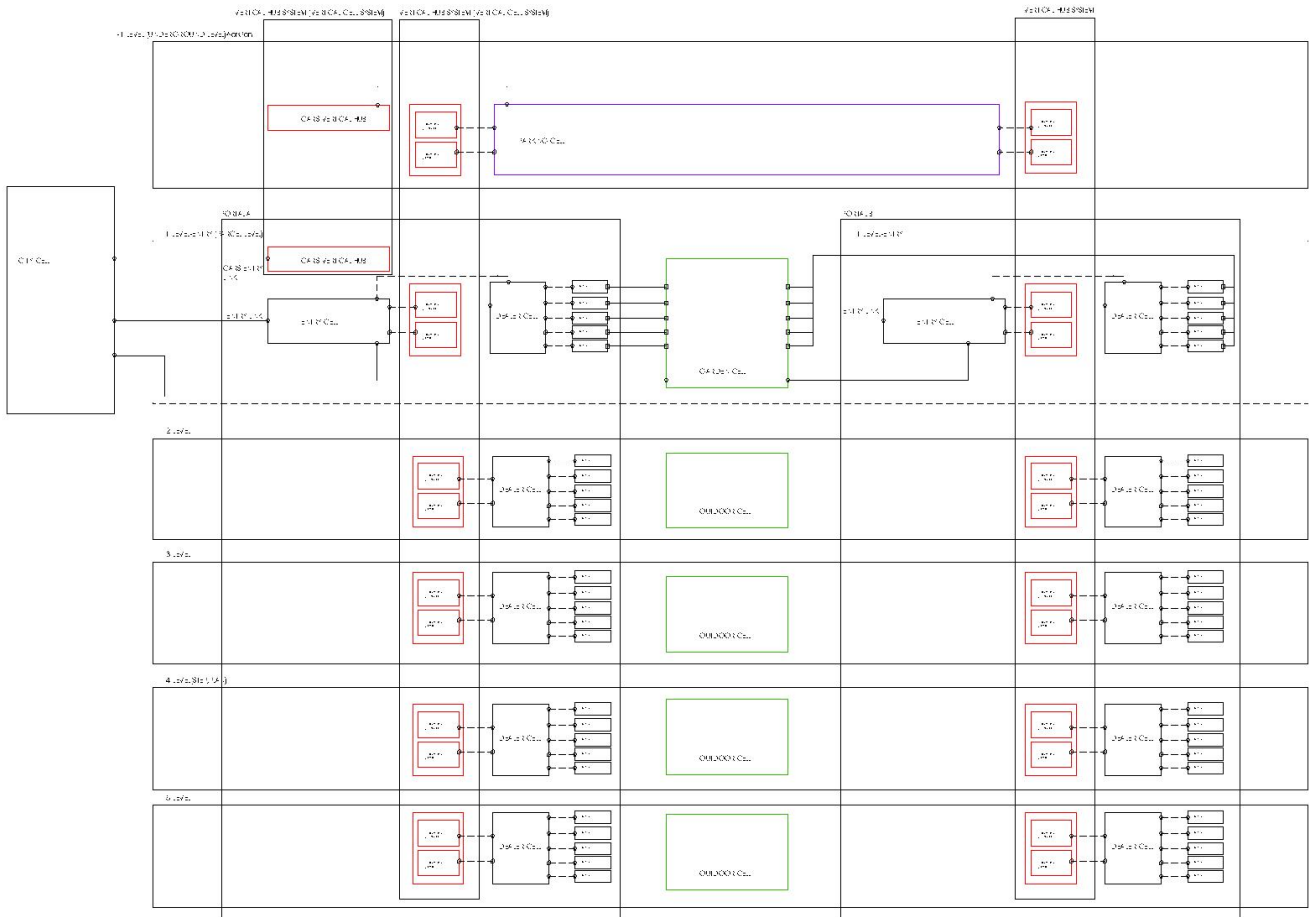


Fig. II.5.33. Organigrama funcional de una edificación con dos bloques en varias plantas.

Vemos aquí un Organigrama Funcional de un edificio compuesto por 5 niveles de plantas, dos portales cada uno con su núcleo de comunicaciones, un sótano con garaje común para ambos, un patio común. Este Organigrama Funcional genera un cuadro de contactos definido de una Tipología de Edificación. El Optimizador puede jugar con los tipos de viviendas para hallar la solución óptima.

Pongamos que los tipos de vivienda que le pedimos siguen los O.F. presentados a continuación para viviendas de 2 Dormitorios, 3 Dormitorios y 4 Dormitorios.

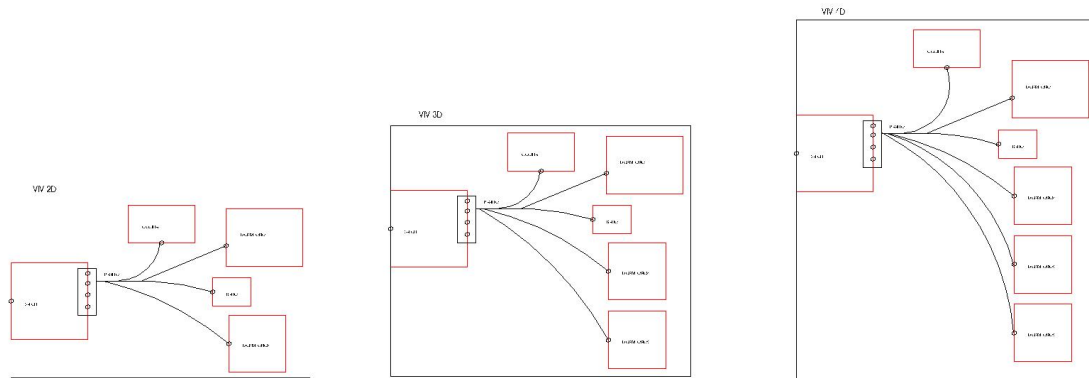


Fig. II.5.34. Organigramas funcionales de cada uno de los tipos de viviendas que pueden incorporarse a la edificación.

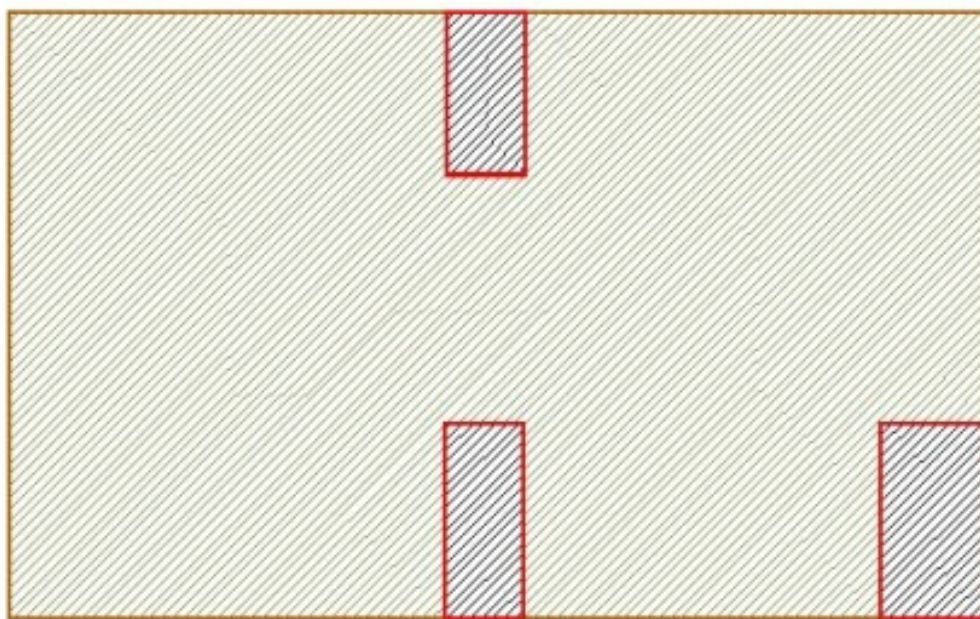
Con el Organigrama Funcional de Escala Edificación y los de de Escala Vivienda y una parcela dada de P.E. 200 m. x 200 m. El promotor nos puede pedir OPTIMIZAR la distribución para:

- 1.- Meter el mayor nº de viviendas de cualquiera de los tres tipos.
- 2.- Meter el mayor nº de viviendas de 2 Dormitorios.
- 3.- Meter el mayor nº de dormitorios con esta proporción; 10% 4D, 50 %2D y 40% 3D.

En relación al Organigrama Funcional tendrá que calcular las variantes y crear los cuadros de contactos para que el optimizador disponga los espacios de la mejor manera posible.

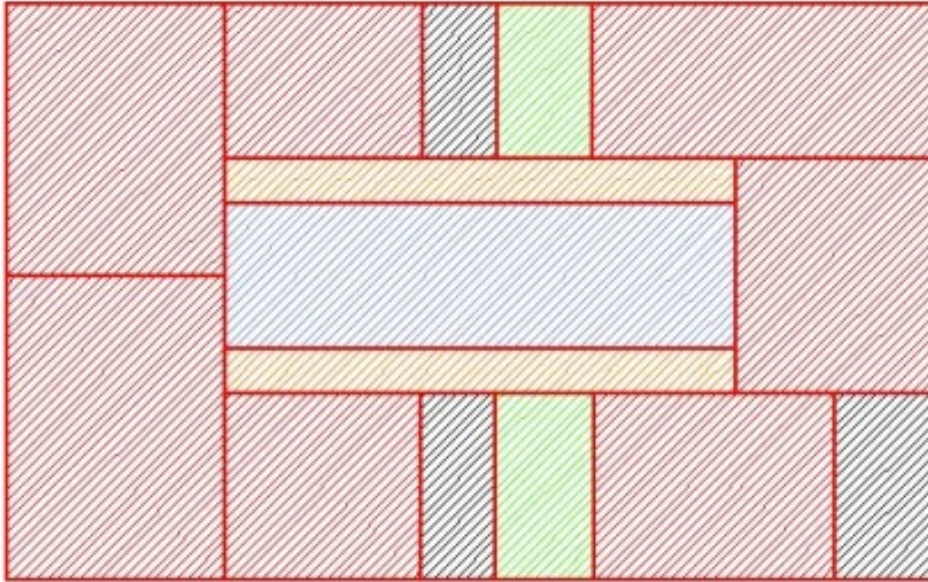
El O.F. antes descrito se puede materializar en esta opción.

Planta Nivel -1. Vemos tres núcleos de comunicaciones (azul), dos de ellos para uso humano y uno en la esquina rampa de los vehículos. El resto de espacio es sistema productivo destinado a aparcamiento.



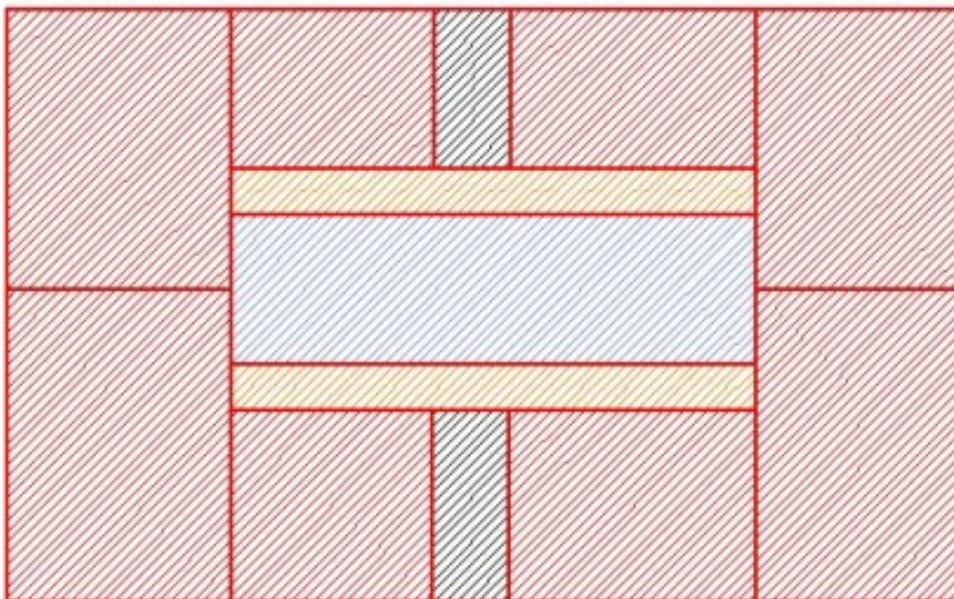
Planta Nivel 1. Planta de Acceso. Vemos tres núcleos de comunicaciones, los mismos que en planta de Nivel -1, pero ahora trasladados a planta baja. También dos hall de entrada (verde), anexos a los núcleos de comunicaciones de uso humano. Dos distribuidores en comunicación con los halls (naranja) y un patio interior (azul).

En rojo las viviendas (espacio productivo) se accede desde los distribuidores.



Planta Nivel, 2, 3, 4,5. Plantas superiores repiten el esquema de planta Nivel 1, menos la rampa de garaje y los halls de acceso.

Desde el Punto de Vista de la Optimización, cuanto más espacio destinado a vivienda y garaje, frente a espacios de comunicación y ventilación mejor solución será.



5.9.-RESUMEN GENERACIÓN ORGANIGRAMAS FUNCIONALES.

Hasta ahora hemos definido los Organigramas Funcionales, sus partes, su división en niveles, su complejización/simplificación mediante una cualidad de Escalabilidad Jerárquica. Como resultado de cada Organigrama Funcional se genera un Cuadro de Contactos. Se trata de la traducción a la máquina de las posiciones que deben tomar cada espacio de la secuencia de comunicaciones para que funcione el edificio.

También hemos explicado la generación de la gran variedad de posibles Organigramas Funcionales y sus Cuadros de Contacto respectivos a partir de un Programa de Necesidades.

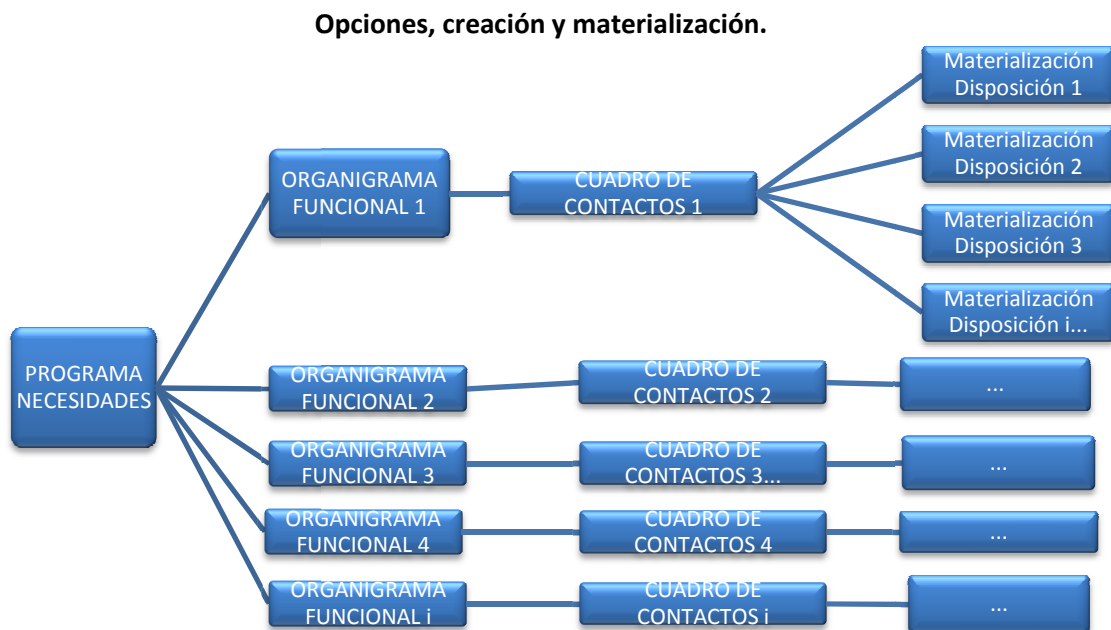


Fig. II.5.35. Árbol donde apreciamos como a partir de un Programa de Necesidades se desarrollan múltiples Organigramas Funcionales y para cada uno de ellos un Cuadro de Contactos. Para cada Cuadro de Contactos se generan diferentes materializaciones de las cuales habrá que buscar la óptima.

Simplificación y Subdivisión del Organigrama Funcional y Cuadro de Contactos.

Un Organigrama Funcional que tenga muchas habitaciones produce una gran cantidad de opciones y por tanto, Cuadros de Contactos, los cuales hay que materializar para determinar su idoneidad y buscar los óptimos.

Para simplificar las opciones de cálculo del optimizador, reducimos la escala acotando las opciones de Organigrama Funcional y dividimos por niveles, lo cual ya nos genera unos óptimos a mayor escala y por plantas, que luego afinaremos reduciendo la escala de nuevo.

5.10.- CONCEPTO DE FLUJO DE COMUNICACIONES Y SUS ORGANIGRAMAS FUNCIONALES.

Todos los Organigramas Funcionales que hemos desarrollado hasta ahora han sido definidos para un solo tipo de comunicación entre los espacios. Es la comunicación de entrada y salida de usuarios de un edificio de viviendas. Esto lo vamos a denominar **Organigrama Funcional del Flujo de Usuarios**.

Para poder abarcar toda la casuística y problemática de la distribución en planta se hace necesario realizar Organigramas Funcionales separados para cada Flujo de Comunicaciones que se desarrolle en el edificio. A su vez es mucho más sencilla y fácil la traducción al cuadro de contacto correspondiente.

Puede haber muchos tipos de Flujos de comunicaciones en un edificio dependiendo de su complejidad. La función de un edificio es albergar los espacios donde se desarrollan actividades por algún tipo de ente. Generalmente personas y sus funciones vitales, entendiendo por ella a toda actividad humana. También un edificio puede ser usado por animales, por tanto habrá que ser adaptado a los espacios y actividades de los animales. Ejemplo: Si Proyectamos un zoológico o una clínica veterinaria o un circo, etc. También los edificios son usados por cosas. El diagrama funcional de un garaje atenderá a las necesidades de los vehículos, el diagrama funcional de las maletas en un aeropuerto tendrá su propio espacio y recorrido.

Cada uno de los recorridos necesarios para realizar una actividad por un ente dentro de un edificio se denomina **Flujo**. Representa el orden de disposición de las habitaciones para que la actividad de ese ente se pueda desarrollar.

En edificaciones sencillas de tipo residencial solo se desarrolla un flujo, el de los usuarios de las viviendas. A medida que la edificación se complejiza se desarrollan multitud de flujos, cada uno de ellos con su organigrama funcional. El flujo y el organigrama funcional derivado del mismo especifican el orden que tienen que seguir las habitaciones para que se desarrolle esa actividad.

Se subdividen los tipos de flujos que se desarrollan en la edificación para analizar cada uno por separado, de forma que vamos a analizar los posibles usos y funciones de la edificación a proyectar desde la perspectiva de cada uno de los intereses. Intereses que pueden ser contrapuestos pero tienen que convivir y pueden ocupar los mismos espacios, pero cada uno con su función.

EJ: HOTEL. ZONA DE COCINA Y COMEDOR. Los camareros van de las cocinas a la zona buffet por un recorrido siguiendo un flujo de comunicaciones. Los clientes del hotel van de las mesas a la zona buffet por otro recorrido otro flujo. Aunque ambas funciones se encuentran en el mismo espacio, no se relacionan unas con otras, tienen sus espacios y retornan otros distintos. Por tanto, se desarrollan dos Organigramas Funcionales para diferentes funciones que conviven en el mismo espacio. De estos Organigramas Funcionales surgen dos cuadros de contactos. Estos dos Cuadros de Contactos se fusionarán en un cuadro de contactos general para el edificio.

Los diferentes flujos configuran distintos Organigramas Funcionales que conviven en el mismo espacio. Habrá habitaciones que pueden ser utilizadas por todos los flujos y otras de paso restringido. Se definirán los controles de paso.

Describamos por ejemplo un hotel y sus posibles flujos:

- Flujo Clientes. Acceso y circulación a su habitación y zonas comunes.
 - Clientes tipo normal. Acceso y circulación a su habitación y todas zonas comunes no Premium.
 - Clientes tipo Premium. Acceso y circulación a su habitación y todas zonas comunes.
- Flujo Servicio.
 - Administración.
 - Cocina
 - Limpieza
 - Mantenimiento
 - Etc.

Este esquema va a producir espacios de circulación independientes para cada flujo.

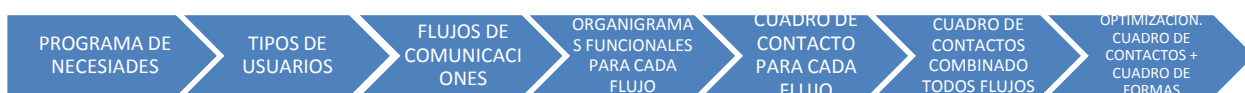
Al dividir el Organigrama funcional en Flujos, podemos optimizar los espacios y circulaciones, de forma que consigamos el hotel más eficiente posible desde el punto de vista de su funcionamiento, reduciendo los recorridos y espacios innecesarios. Una vez definido el Programa de Necesidades del hotel, se tratará de encontrar la mejor forma de que los flujos se desarrollen dentro del mismo.

Habrá que definir para cada tipo de habitación de circulación su tipo de flujo. Habrá que definir que en las Habitaciones de Circulación cual puede ser usada por qué Tipo de Flujo. Para ello hay que definir desde el Programa de Necesidades que tipo de Usuario está permitido para cada Habitación.



Fig. II.5.36. Esquema de definición de flujos comunicaciones según usuarios

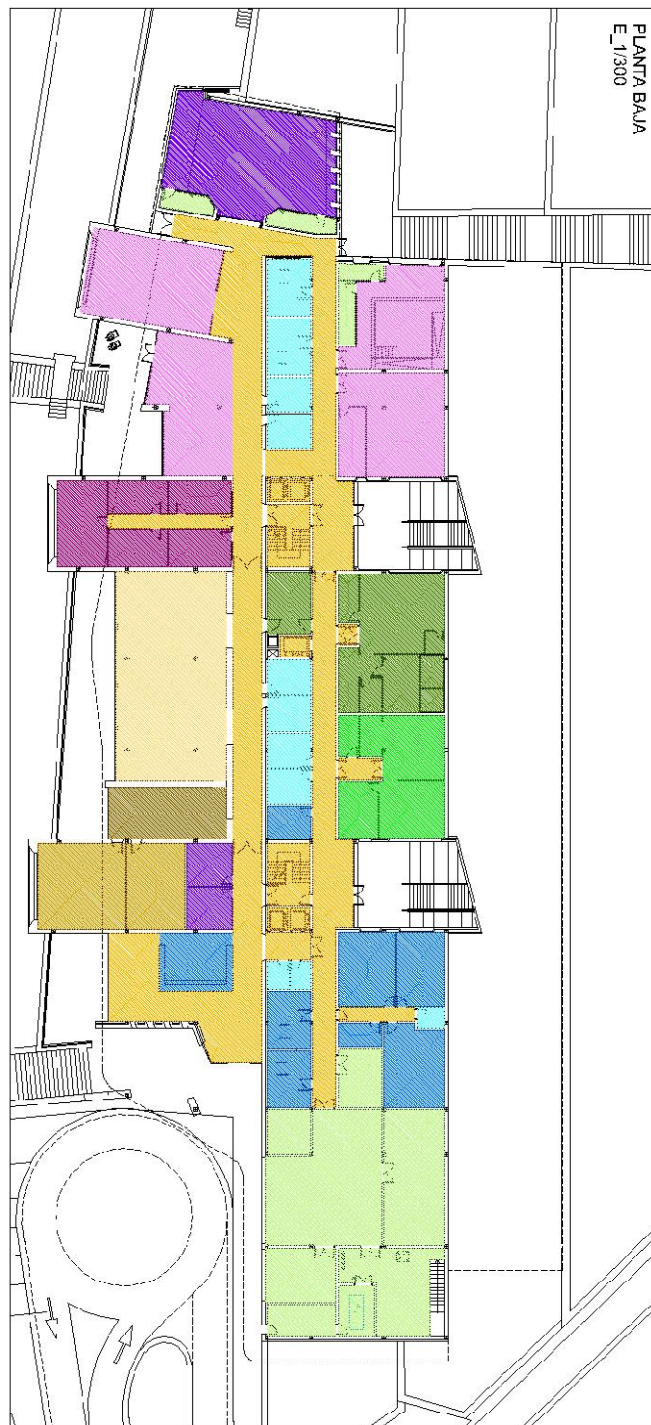
El Programa de Necesidades nos va a definir todos los Tipos de Usuarios. Cada Tipo de Usuarios va a tener un Flujo de Comunicaciones independiente. Cada Flujo de comunicaciones Genera un Organigrama Funcional. Cada Organigrama Funcional generará un Cuadro de Contactos. Con el Cuadro de Contactos combinado de varios flujos generamos la materialización con el Optimizador.



EJEMPLO: ORGANIGRAMA POR FLUJOS DE LA RESIDENCIA DE MAYORES DE LA GOMERA.

Observamos en la planta están marcados en color amarillo los espacios de circulación. Se produce una doble circulación, dos pasillos en paralelo, el de la derecha en la imagen es para la circulación en el ámbito del servicio, cocinas, lavandería, administración, etc., el de la izquierda es para el tránsito de usuarios, se accede a los salones, hall de entrada, zonas de terapias, capilla, etc. Estas dos circulaciones solo se unen en la zona de escaleras y ascensores, para acceder a la siguiente planta. Es necesaria la división para un correcto funcionamiento del centro y coordinación de las actividades.

Para modelizar esta doble circulación hay que crear los Organigramas Funcionales para cada usuario. Para las mismas habitaciones se crearán distintos Organigramas Funcionales por flujos de usuario, de forma que se crearán cuadros de contactos distintos que se sumarán para que el distribuidor aúne de forma óptima los intereses de todos.



II.6.- SISTEMA DE ESPACIOS LIBRES. SISTEMA RESPIRATORIO.

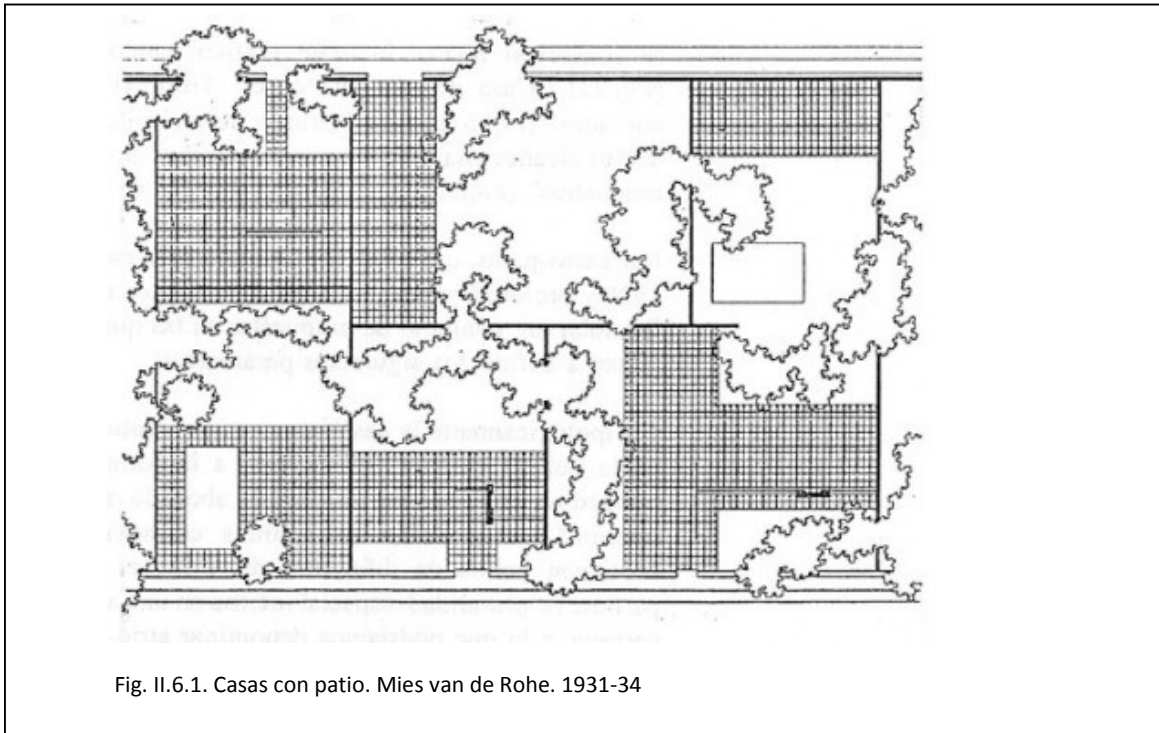


Fig. II.6.1. Casas con patio. Mies van de Rohe. 1931-34

La estrategia de implantación del sistema de espacios libres en una edificación, junto con el Sistema Circulatorio propuesto, son decisiones clave en la proyectación humana para conseguir un sistema distributivamente óptimo.

El sistema Circulatorio siempre será objeto de minimización para tratar de obtener el edificio más óptimo posible. No ocurre lo mismo con el Sistema Respiratorio. Se presentan dos casos de partida, en el cuál, por un lado el óptimo se encuentra en la Minimización de los Espacios libres y en el otro, esto no es determinante. Estos dos conceptos se desarrollaron en el Cap. II.2, pero ahora me referiré a ellos centrándonos en el Sistema Respiratorio de los edificios:

II.6.1.-CASUÍSTICA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA RESPIRATORIO.

1.- AGOTAR LA EDIFICABILIDAD. Corresponde a los casos en suelo alto con coste, donde hay que aprovechar al máximo la edificabilidad para rentabilizar la promoción. En este caso la optimización deberá tender a minimizar al máximo el espacio ocupado por el Sistema Respiratorio y Sistema Circulatorio y de servicios, de forma que consiga la máxima cantidad de de espacio para el Sistema Productivo.

SISTEMA PRODUCTIVO → MAXIMIZAR.

SISTEMA RESPIRATORIO → MINIMIZAR INCLUSO ELIMINAR.

SISTEMA CIRCULATORIO Y DE SERVICIOS → MINIMIZAR.

2.- NO AGOTAR LA EDIFICABILIDAD. El aprovechamiento del suelo no es el criterio principal y sí lo es el presupuesto total de la obra (metros cuadrados a edificar solicitados por el promotor), o el programa solicitado, o cualquier otro interés de carácter no técnico.

SISTEMA PRODUCTIVO -> DEFINIDO EN PROGRAMA.

SISTEMA RESPIRATORIO → NO SE DETERMINA.

SISTEMA CIRCULATORIO Y DE SERVICIOS → MINIMIZAR.

En estos casos, la disposición de los Sistemas Productivos y Respiratorios se realiza por cumplimiento del programa y los factores estéticos, etc. priman sobre la optimización de los espacios en planta. Solo el Sistema Circulatorio se deberá minimizar, dado que son espacios que su reducción indican el mejor funcionamiento de la planta.

II.6.2.- EL PROGRAMA DE ESPACIOS LIBRES SEGÚN EL USO DE LA EDIFICACIÓN.

El Sistema Respiratorio de una edificación dependerá del Uso del edificio. Podríamos decir, que hay edificios más o menos aeróbicos o anaeróbicos, funcionan con presencia de oxígeno o no, visto desde la analogía biológica. Pongamos un ejemplo, un edificio de viviendas es totalmente aeróbico, no puede funcionar sin acceso directo al aire libre. En edificios de viviendas, la colocación de patios y fachadas se considera una decisión estratégica. En cambio, en un edificio comercial no hay ningún requerimiento de contacto con el aire Libre, por ejemplo, un edificio del `Corte Inglés`, aunque tengan fachadas éstas son herméticas (¡que nadie se despiste con las vistas, que aquí se viene a comprar!) no existen ventanas ni necesidad de ellas, toda la ventilación se realiza por sistemas mecánicos. En edificio de oficinas, ocurre algo

similar, la ventilación natural no es necesaria, tener un despacho con vistas es una cuestión de estatus, no de habitabilidad.

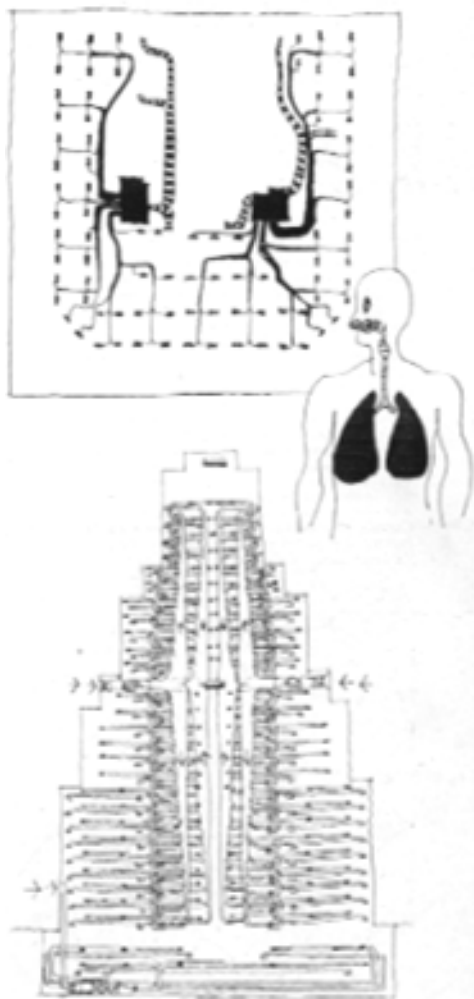


Fig. II.6.2. Esquemas de F. J. Sáenz de Oíza en los que plantea el paralelismo entre el sistema respiratorio del hombre y un sistema de control de climatización.

En esta Tesis no considero necesario describir exhaustivamente, para cada uso, las necesidades de espacios libres. En el Programa de Necesidades de cada edificio, unidad de uso o habitación se definirán los requerimientos de ventilación, iluminación, vistas, etc.

En general los edificios de uso residencial necesitarán un Sistema Respiratorio importante, para el resto de usos no va a ser un requisito indispensable. Enmarcado dentro de la perspectiva convencional del proyectar arquitectónico, dado que la nueva mentalidad tanto en Arquitectura como en el resto de actividades humanas de respetar el Medio Ambiente, la arquitectura Bioclimática, arquitectura Ecológica, etc., la concepción de la importancia de los espacios Verdes en la Edificación y su colocación hacen cambiar estos criterios generales.

Un diseño de edificio bioclimático, de consumo casi nulo, no persigue como objetivo colocar aparatos de aire acondicionado A++. El diseño consiste en orientar el edificio de forma que las necesidades de refrigeración sean mínimas y si se consigue una ventilación-refrigeración natural mejor. Una mayor conciencia ecológica promoverá que sea el promotor, si no es la

legislación, el que solicite mediante el Programa de Necesidades más espacios libres como condición de partida.

II.6.3.- REQUERIMIENTOS DE ESPACIOS LIBRES DETERMINADOS POR EL PROGRAMA DE NECESIDADES BÁSICO.

Del Programa de Necesidades Básico se extraen los requerimientos de espacio libre necesarios para cubrir sus necesidades. Cada habitación tiene definida en programa los metros lineales de espacio de contacto con el exterior (ventana). Este dato hay que ampliarlo al segmento de fachada que contiene la ventana.

La sumatoria de metros lineales de las paredes de las habitaciones que contienen ventanas, genera las necesidades de fachada a espacio libre. Este dato se obtiene por aproximación dado que aún no están definidas las formas de las habitaciones, se tomará por tanto el lado más pequeño del rectángulo mínimo que se exige para cada estancia.

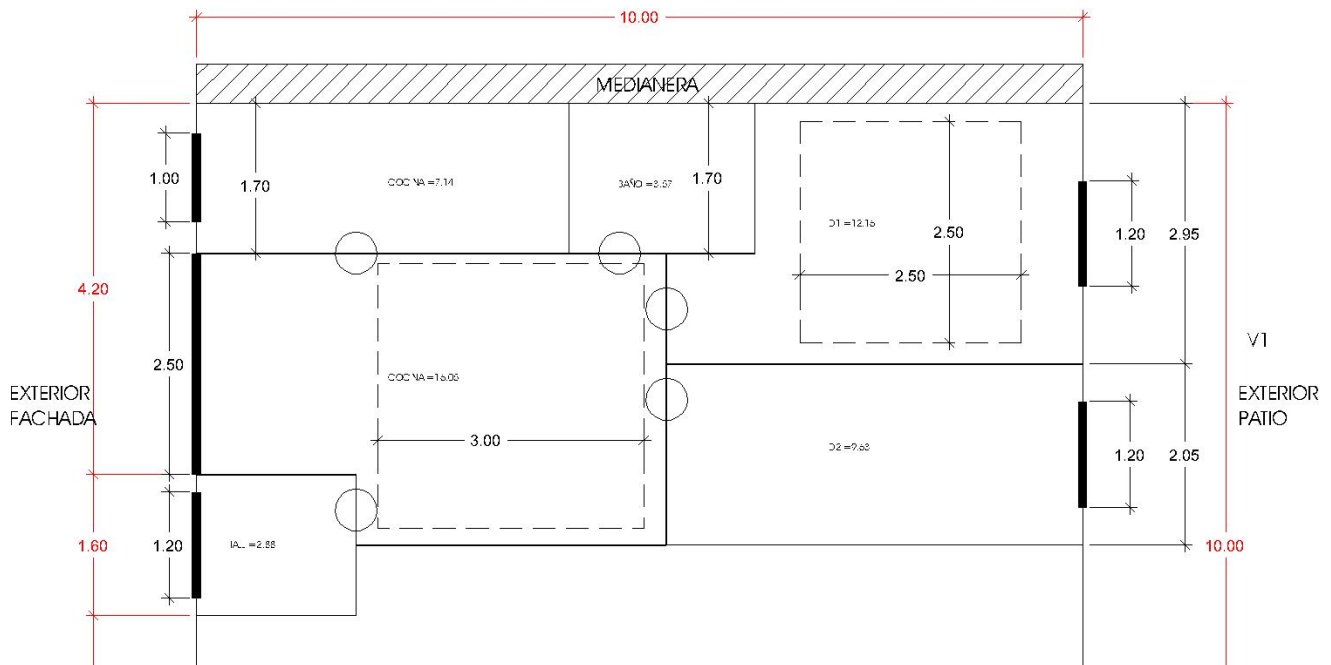


Fig. II.6.3. Distribución en planta, se observa los requerimientos de espacios exteriores de cada habitación. Si no se pudieran satisfacer por falta de fachada, habría que crear patios.

II.6.3.1.- FACHADA DISPONIBLE MÍNIMA. REQUERIMIENTO DE PATIO.

Recordemos el Cap. II.3.-Datos de Partida. Entorno. Definíamos en ese capítulo el concepto de **POLIGONO CONTORNO EDIFICABLE**. Este es el parámetro que nos va a ofrecer el dato de Fachada Disponible Mínima.

Fachada Disponible Mínima, es el dato que nos ofrece la parcela, es decir, metros lineales que disponemos en contacto con el aire libre. Por tanto, nos indica si tenemos suficiente para cumplir los requerimientos del P.N.B. o tendremos que crear patios.

FACHADA DISPONIBLE MÍNIMA - REQUERIMIENTOS DE FACHADA DE P.N.B. > 0

→ NO ES NECESARIO CREAR PATIOS

FACHADA DISPONIBLE MÍNIMA - REQUERIMIENTOS DE FACHADA DE P.N.B. < 0

→ SI ES NECESARIO CREAR PATIOS

FACHADA DISPONIBLE MÍNIMA = POLIGONO CONTORNO EDIFICABLE. TIPO ESPACIO LIBRE.

En definitiva, necesitamos conocer el Polígono Contorno Edificable con características de Espacio Libre para determinar la Fachada Disponible Mínima y de ahí deducir si es necesaria la creación de patios.

El Polígono Contorno Edificable como ya expuse en el cap. II.3 puede ser un dato fijo obtenido por la aplicación de las normativas a la Parcela, o puede ser un dato sujeto a optimización.

1.- P.C.E. como dato Fijo nos indica si es necesario Patio o no.

2.- P.C.E. como dato sujeto a optimización.

Del II.3: **“Polígono Contorno Edificable objeto de optimización.** “Como vemos algunos de los parámetros urbanísticos no producen una respuesta única. La Edificabilidad Máxima se puede repartir entre los diferentes planos de trabajo. Si el nº de planta no es obligatorio puede suponer que haya diferentes opciones de Polígonos Contornos Edificables. P.E: Edificabilidad de 500 m², nº plantas máximo: 5, nº plantas mínimo: no. En este ejemplo podemos desarrollar la edificación con 5 plantas de 100 m² ó 2 de 250 m², etc.... y a su vez con formas de P.C.E. distintas por plantas. Esto implica que para saber cuál es el óptimo, hay que introducir estos parámetros junto con el Programa de Necesidades y Organigrama Funcional, dado que interactúan unos con otros.”

Continúo con el Ejemplo mostrado en el II.3, para explicar sus implicaciones en el Sistema de Espacios Libres. Si se decide tomar la opción de 5 plantas de 100 m² y es un edificio exento de 10m x 10m de lado, resulta $(10 + 10 + 10 + 10) \times 5 = 200$ ml. de fachada, probablemente suficiente para cualquier requerimiento. Si optamos por un edificio de 20 m. x 25 m. en una planta resulta $(20 + 20 + 25 + 25) \times 1 = 90$ ml. de fachada, seguramente habrá que colocar patios, no será suficiente para cubrir los requerimientos, pero para un centro comercial sí cumpliría.

Cuando el Polígono Contorno Edificable esté sujeto a optimización, supondrá que para cada posible opción de Polígono Contorno Edificable corresponderán múltiples opciones de Programa de Necesidades Básico, que a su vez tendrán múltiples opciones de Organigramas Funcionales y su vez varias opciones de Sistemas de Espacios Libres. En definitiva, el ADN de cada individuo estará conformado por todos estos conjuntos de datos enlazados. Conformaremos ADN aleatorios y los evaluaremos en la Máquina Optimizadora.

De todo esto se concluye que, si el Polígono Contorno Edificable es un dato sujeto a optimización, la existencia de patios también será objeto de optimización.

nivel 4 (+27.00, +28.00, +29.00, +29.40)



Fig. II.6.4. Proyecto de Edificio de 40 VPO en Gran Tarajal. Obra del autor.

Vemos en el proyecto de la imagen, como las fachadas no son suficientes para los requerimientos de espacios libres del edificio. Además del patio central de manzana, se han creado varios patios mínimos de ventilación que dan servicios cada dos viviendas.

II.6.4.- TIPOLOGÍAS DE ESPACIOS LIBRES EN EL SISTEMA RESPIRATORIO.

El Sistema Respiratorio de un edificio va a quedar constituido por todos los espacios libres internos o externos a la parcela que interactúen con él. Los vamos a Clasificar en:

1.- Espacios libres externos al Polígono Contorno de Parcela:

Según la Clasificación determinada en el cap. II.3:

1. Público

Calle, Plaza, etc.

- De uso Público, uso Restringido.

2. Privado

Patio, calle, etc.

- a. De uso Público, uso Restringido.

2.-Espacios libres internos al Polígono Contorno de Parcela inmutables:

Aunque el Polígono Contorno Edificable sea objeto de optimización, hay partes de la parcela que van a mantener su condición de 'patio inmutable'. Estos espacios libres vendrán definidos por requerimientos urbanísticos, por ejemplo, separación a linderos, fondos máximos, etc.

Ejemplo: Una vivienda unifamiliar aislada en una parcela de 900 m², de 30 m. x 30 m. de lado. Edificabilidad máxima 200 m². Separación a linderos mínima 5 m. Esto nos deja un Contorno de Parcela Edificable Mínimo de 20 x 20 m. Podemos construir dentro de esa área, es decir, 400 m². Ese borde de espacio libre en el que no se puede edificar es al que vamos a denominar Espacio Libre Interno Inmutable.

3.-Espacios libres internos al Polígono Contorno de Parcela Optimizables:

El resto de espacios libres estarán sujetos a optimización, es decir su forma y colocación no estarán definidas hasta que el individuo se haya generado. Los vamos a clasificar en:

3.1.- Patios Exteriores. Van a estar en contacto con espacios libres exteriores. Pertenece a este tipo, patios en fachada, patios de manzana abierta, patios ingleses, etc.

3.2.- Patios Interiores. No están en contacto con espacios libres exteriores. Pertenece a este tipo los patios de manzana y patios de ventilación.

→ **PATIOS DE VENTILACIÓN.** Se van a denominar de esta forma a los patios que se crean únicamente para cumplir los requerimientos mínimos de ventilación, en parcelas donde no serían obligados si no fuera por este requerimiento y no suelen servir a más de 4 unidades productivas (viviendas). Ejemplo: Patio convencional en suelos urbanos consolidados de parcelario estrecho y largo, de dos viviendas por planta, para un patio de 3x3m.

→ **PATIOS DE MANZANA.** Grandes patios interiores de una manzana que sirven a varias Unidades Productivas. Este patio a la vez que cumple los requerimientos mínimos de ventilación, tienen otros tipos de funciones y usos sociales. Pueden corresponder zonas comunitarias. Por ejemplo, grandes patios Interiores de edificios de viviendas con usos de jardines y juego de niños.

Con la combinación de estos dos tipos se puede considerar que se acoge toda la casuística de patio interior. Es normal en tipología de edificación residencial el diseño de un gran patio de manzana complementado con patios de ventilación.

II.6.5.- EXTENSIBILIDAD DE LAS CUALIDADES DE ESPACIO LIBRE A ESPACIOS CONTIGUOS. PATIOS COMO PARTE DEL SISTEMA CIRCULATORIO. ESPACIOS DE COMUNICACIÓN COMO PARTE DEL SISTEMA RESPIRATORIO.

Las cualidades del Sistema de Espacios Libres se pueden extender a espacios contiguos determinados, ya sea para cumplir un requerimiento, ya sea por mejorar las características de un espacio.

Si el espacio contiguo al Espacio libre carece de cerramiento hermético, se considera que las cualidades de ventilación e iluminación se transmiten a este espacio, para que a su vez este pueda servir a otro. Por ejemplo, un espacio de circulación alrededor de una patio (corredor) que da acceso a las viviendas y a través de él se ventilan los dormitorios y cocinas de éstas. Por tanto, este espacio de comunicación funciona como parte del Sistema Respiratorio.

Esta extensibilidad tiene sus limitaciones de profundidad y usos, que habrá que determinar en los Programas de Necesidades de los espacios, para que se configuren correctamente los cuadros de formas y de contactos.

Al contrario, también sucede los patios en planta Baja sirven como espacio de comunicación entre las estancias en planta baja. Habrá que determinar estas cualidades en el Programa de Necesidades para que se puedan desarrollar en los Organigramas funcionales.



Fig. II.6.5. Proyecto Concurso Frente Marítimo de Puerto del Rosario. Obra del Autor.

Vemos el Proyecto del Frente Marítimo de Puerto del Rosario. Los proyectos de parques, plazas, espacios libres se van a configurar con células del Sistema Respiratorio en su mayoría, es decir, casi todo son espacios libres. A la hora de configurar este caso, no difiere en su metodología con respecto a un proyecto de una edificación. Se define el Programa de Necesidades, en este caso de espacios libres (juegos de niños, áreas de paseo, auditorios, etc). Realmente el optimizador no distingue si está construido o libre, solo los requerimientos del mismo.

II.6.6.- CÉLULAS O HABITACIONES DEL ESPACIO LIBRE Y SUS USOS.

Definíamos en el cap. II.4 la célula-habitación como “el espacio encerrado entre unos límites, con un uso, función, dimensiones, características y relaciones establecidas”. Aunque parezca incongruente, dado que no es un espacio edificable, el Sistema Respiratorio también habrá que dividirlo en Células o habitaciones. Habitaciones que en este caso carecen de Piel, pero que sí tienen límites (virtuales o físicos) y sobre todo, tienen el resto de características de definen una célula.

DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE UNA CÉLULA O HABITACION ESPACIO LIBRE.

1.-DENOMINACIÓN: Las habitaciones se denominan según el uso al que van a ser destinadas. Según la unidad funcional a la que pertenezcan, según el edificio, etc. El nombre irá denominando a los diferentes conjuntos a los que pertenece.

Patio ventilación 1, vivienda 6, bloque 4, planta tercera. D1V6B4P3.

2.-FORMA: Las características geométricas de una Espacio Libre pueden estar definidas para un uso concreto. Por ejemplo: Cancha de Pádel. En arquitectura se define la forma comúnmente con mínimos aceptables.

A.-Debe contener una forma geométrica mínima. Por ejemplo: Patio, debe contener circunferencia de 3 m. diámetro.

3.- SUPERFICIE MÍNIMA: Se pueden definir mínimos de superficie para un uso determinado. En general las normativas ofrecen mínimos para usos humanos y estándares de calidad.

4.- USUARIO: Define el usuario/s de la habitación. Este dato será necesario para realizar los Organigramas Funcionales por Flujos de Usuarios (II.5) y los controles de paso.

Para un patio en Planta Suelo, habrá que definir, quien puede acceder y circular por él. Para un patio en planta tercera, en un concepto más extraño, los humanos no podemos hacer ninguna actividad a esa altura, quizás tender la ropa.

5.- USO: Define el uso general de la célula o habitación. Vamos a considerar esta característica igual que otras de los espacios libres es para los espacios usables, es decir en planta baja, terrazas, balcones, etc.

Si estamos diseñando un parque, lo vamos a diseñar casi completamente con Células de Espacio Libre. Propondremos un Programa de Necesidades de juegos, deportes, zonas de lectura, etc., etc.

6.- CIRCULACIÓN INTERIOR: Define si se permite circular por una célula para acceder a otra o no. Es decir, clasifica los espacios libres en:

- **FINALISTA:** En este espacio acaba la circulación de un flujo determinado. El Organigrama funcional acaba en esa habitación.

- **DE TRANSICIÓN:** Se permite usar este espacio no solo para su uso propio, sino también para circular a otras. Por ejemplo: una plaza central que da acceso a varias actividades. Una habitación puede ser de transición para usuario y finalista para otro. Habrá que definir esta característica para usuario del espacio.

7.- PASOS DE CIRCULACIÓN: Define el número de huecos de paso que tiene un espacio. Con este parámetro junto el de usuario, se definen los organigramas funcionales posibles según flujos. En los espacios libres los pasos pueden materializarse en algo físico (cancelas, etc.).

8.- HUECOS DE CONTACTO EXTERIOR: Esta característica no se da en los Espacios Libres.

9.- CONDICIONES DE FACHADA: Es un condicionante de tipo urbanístico. Se trata de una obligación de considerar algún patio en fachada. Se podría considerar que se trata de la inversa de la característica de separación a lindero para la edificación.

10.- CONDICIONES DE CONTORNO. PIEL: Las células de espacios libres también pueden tener condiciones de piel, ya no para control térmico, ni acústico, etc. Pero si de control de Intrusión y delimitado de zonas. Serían vallados, muros, setos, etc.

11.- TIPOLOGÍA: Una vez definida una célula, se puede guardar sus características anteriormente definidas como una tipología concreta. Creamos una **librería de Tipos**.

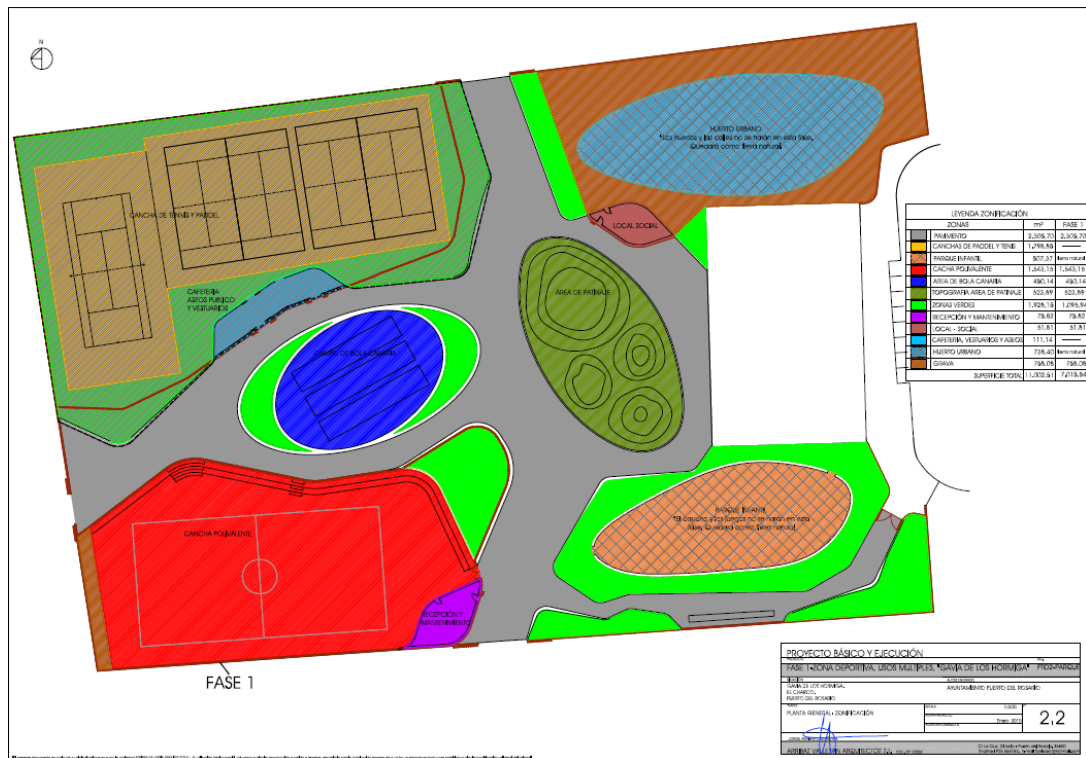


Fig. II.6.6. Proyecto Parque "Gavia de los Hormiga" en Puerto del Rosario. Obra del Autor. Zonificación de usos del parque.



Fig. II.6.7.-Ejemplo de distribución de espacios libres para proyecto Parque Gavia de los Hormiga en Fuerteventura. Contiene espacios de circulación, espacios deportivos, parque infantil, etc. Proyecto del autor.

II. 7.- LA PROBLEMÁTICA DEL OPTIMIZADOR. APORTACIONES A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS POR EL MÉTODO.



Fig. II.7.1. El árbol del conocimiento: Nada de lo que le sucede a un ser vivo es independiente de él. (Dibujo de Marcelo M. Maturana)Maturana y Pörksen: *Del ser al hacer. Los orígenes de la biología del conocer*. Comunicaciones Noreste 2004.

El proceso Optimizador partirá de los tres grupos de datos obtenidos en los procesos anteriormente descritos para generar una distribución de una planta arquitectónica óptima.

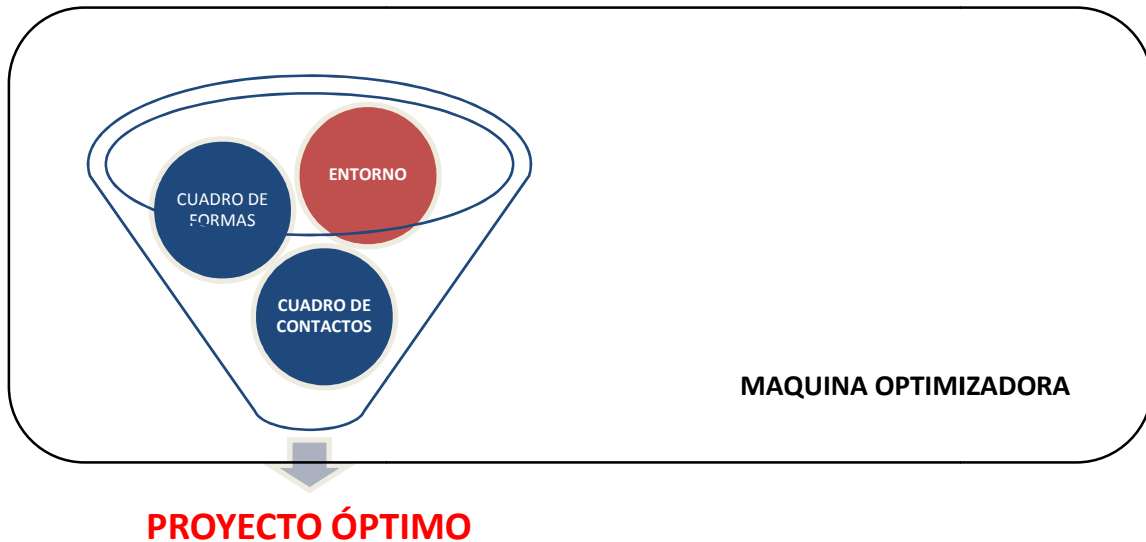


Fig. II.7.2.- Esquema de funcionamiento Procedimiento Optimizador.

Metafóricamente, si lo que vamos a realizar fuera una vidriera:

- El **entorno** sería el conjunto de datos que definen la forma del contorno de la vidriera.
- El **Cuadro de Formas** sería el conjunto de datos que definen la todas las piezas del vidriera y su forma.
- El **Cuadro de Contactos** sería el conjunto de datos que definen la posición relativa de cada pieza con respecto a otras.
- El **Optimizador** es la máquina que coloca todas las piezas de vidriera con la forma y posición adecuada y utiliza la menor cantidad de contactos entre ellas.

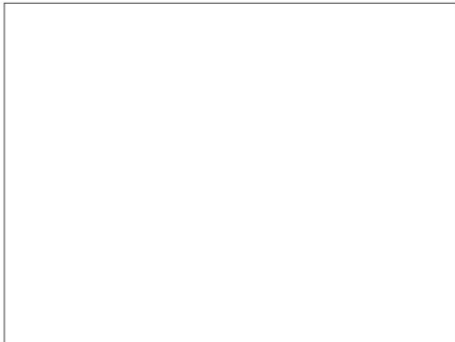
Por tanto para cada conjunto formado por Contorno + Cuadro de Contactos + Cuadro de Formas se generará una solución Óptima que será una distribución en planta.



Fig. II.7.3.- Partes de procedimiento para generar el proyecto.

Recordemos el problema mínimo descrito como ejemplo al comienzo de este documento. Solo tres piezas y un cuadro de condiciones y de contactos muy pequeño. Un polígono contorno definido de forma muy sencilla.

POLIGONO CONTORNO 3M. X 4M.



PROGRAMA DE NECESIDADES	CUADRO DE CONTACTOS	CUADRO DE FORMAS
POLIGONO A	B:1M. C:1M.	MIN: 3M2
POLIGONO B	C:1,5 M.	INSCRIBIR 2X2M.
POLIGONO C	A:2M.	MIN 2M2

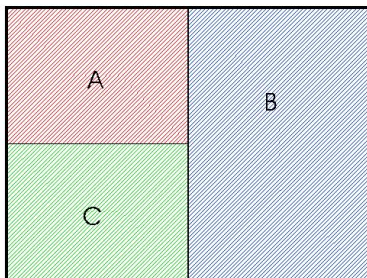
DIVIDIR EL POLIGONO BASE EN LOS TRES POLIGONOS CON LAS CONDICIONES DADAS. HAYAR LA SOLUCIÓN ÓPTIMA, LA CUAL ES EN LA QUE LA SUMATORIA DE LOS SEGMENTOS COMUNES SEA MENOR.

INDIVIDUO Y'

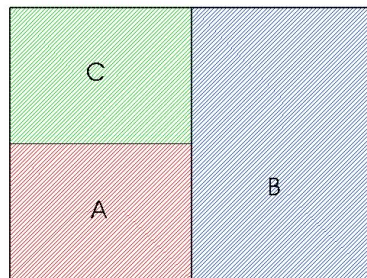
PROGRAMA DE NECESIDADES	CUADRO DE CONTACTOS		CUADRO DE FORMAS	
POLIGONO A	B:1M.	CUMPLE	MIN: 3M2	CUMPLE
	C:1M.	CUMPLE		
POLIGONO B	C:1,5 M.	CUMPLE	INSCRIBIR 2X2M.	CUMPLE
POLIGONO C	A:2M.	CUMPLE	MIN 2M2	CUMPLE
RESULTADO SUMATORIA SEGMENTOS	5 M.			

Fig. II.7.4.- Condiciones y soluciones del Ejemplo mínimo.

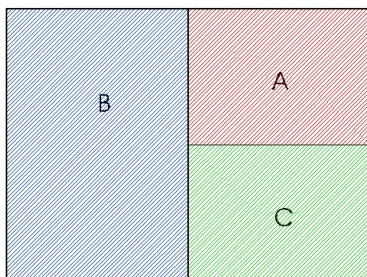
INDIVIDUO Y



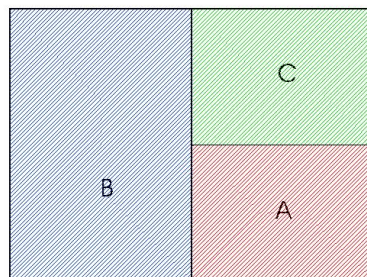
INDIVIDUO Y''



INDIVIDUO Y'''



INDIVIDUO Y''''



Las soluciones en planta una vez resuelto por el optimizador.

Este problema ahora hay que resolverlo con un edificio más complejo, por ejemplo:

- Cuadros de Formas y de Contactos con cientos de habitaciones, cada una con 5 ó 6 condiciones de forma y contacto.
- Edificio en diferentes planos.
- Polígonos de contorno de formas y características complejas.

II.7.1.- RESOLUCIÓN GEOMÉTRICA. DETERMINACIÓN DE PROBLEMAS EN SU CREACIÓN.

En el proceso de resolución de la optimización de un conjunto de datos, se han observado los siguientes problemas:

1.-Problemas de Colocación de los polígonos.

Los polígonos al insertarse, desplazarse, cambiar de tamaño disponerse en el espacio:

- *Se pueden sobreponer unos sobre otros.*
- *Pueden aparecer huecos entre ellos.*

Los contornos de los polígonos puede que no encajen entre ellos. Tienen que reorganizarse todos coordinados.

*Condición de **Individuo**.*

- *No dejan huecos libres, ni superposiciones.*

*Condición de **Individuo Viable**.*

- *Cumplen todos las Condiciones de Forma y de Contacto.*

*Condición de **Individuo Óptimo**.*

- *La sumatoria de segmentos de contacto entre los polígonos es la mínima.*

2.- Problemas de Optimización de los polígonos.

Cómo conseguir que los polígonos vayan cambiando de forma y resituándose todos a la vez hasta adoptar la posición y forma óptima.

- *Cada movimiento de una pieza afecta en forma y posición a las colindantes.*
- *No se deben sobreponer ni dejar huecos.*
- *Se debe hacer sumatoria de contornos para valorar su optimización.*
- *Se debe hacer una comprobación de Condiciones de Forma y Contacto para evaluar su cumplimiento.*

II.7.2.-PROCEDIMIENTO OPTIMIZADOR:

II.7.2.1.- ENTORNO DE TRABAJO. FORMATO DE INDIVIDUO. MATRIZ

Para evitar superposiciones y huecos la definición del individuo se hará mediante una matriz de datos. Cada posición corresponderá a un polígono de forma que no se produzcan los errores antes indicados.

El cromosoma del individuo será un matriz en que cada casilla pertenecerá a un polígono.

La parcela se representa entonces como una matriz. El tamaño de la matriz y el nº de casillas dependerán de la escala y las necesidades de optimización y precisión.

Así la representación de todos los individuos carecerá de huecos y solapamientos, supliendo uno de los problemas detectados en otros métodos. El primer paso del proceso será inicializar la matriz en blanco dotándole de las características de contorno:

1º.- Convertir Parcela en Matriz.

2º.- Definir Precisión de cálculo y nº de Casillas.

3º.- Definir casillas de perímetro, casillas mutables e inmutables y sus características.

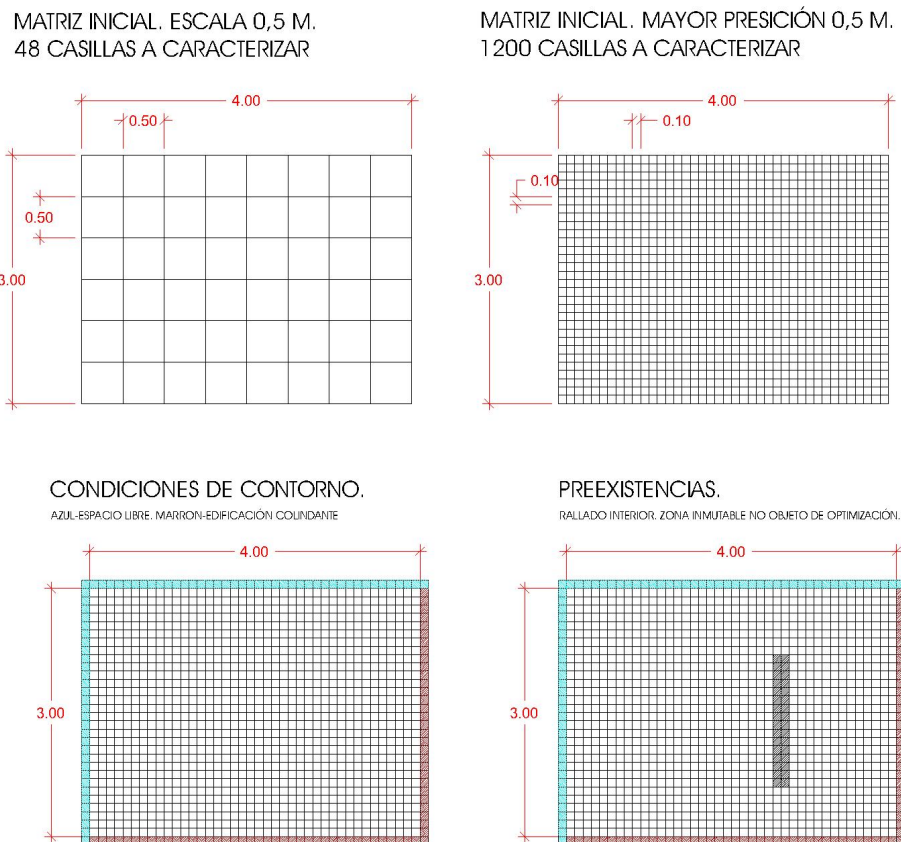


Fig. II.7.4.- Conformación de la matriz de trabajo.

II.7.2.2.- CONFORMACIÓN DE UN INDIVIDUO.

Un individuo será aquella matriz con sus casillas ocupadas por un polígono.

ALGUNAS OPCIONES DE PIEZAS PARA EL CUADRO DE FORMAS DADO

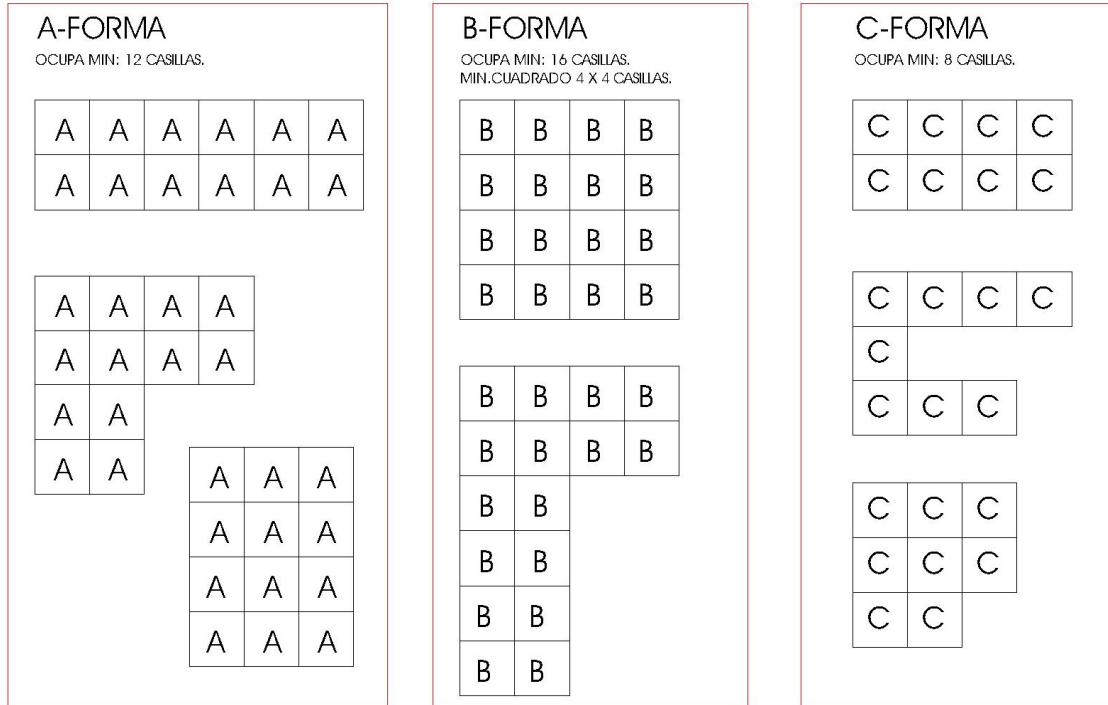


Fig. II.7.5.- Generación de Individuos Iniciales.

NO INDIVIDUO

NO ESTAN TODAS LAS CASILLAS CARACTERIZADAS.
CROMOSOMA NO COMPLETO.

A	A	A	A	A			
A	A	A	A	A			
B	B	B	B				
B	B	B	B				
B	B	B	B	C	C	C	C
B	B	B	B	C	C	C	C

INDIVIDUO

ESTAN TODAS LAS CASILLAS CARACTERIZADAS.
CROMOSOMA COMPLETO.

A	A	A	A	A	C	C	C
A	A	A	A	A	C	C	C
B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	B	B	B	B	B	B
B	B	B	B	C	C	C	C
B	B	B	B	C	C	C	C

El cromosoma del individuo es su descripción y es de longitud para todos los individuos. Así que podemos hacer mutaciones y cruces sin romper la viabilidad del mismo. Podemos intercambiar la casilla (5,1) de un individuo por la (5,1) de otro individuo. Podemos mutar una casilla de ser característica A a ser B.

II.7.2.3.-INDIVIDUOS INICIALES.

Son matrices iniciales correspondientes a las configuraciones de plantas desde las que se inicia el proceso de optimización.

Posibles Opciones de Creación de Individuos Iniciales:

- Se asignan aleatoriamente valores a cada una de las casillas.
- Se agrupan las casillas que pertenecen a polígonos con superficies mínimas.
- Se agrupan siguiendo el camino del diagrama funcional.
 - Se crean las ramas del algoritmo genético.
 - Se exploran diferentes ramas.

II.7.2.4.- PROCEDIMIENTOS PARA GENERAR INDIVIDUOS VIABLES Y ÓPTIMOS.

Tras la creación del Individuo Inicial procederemos a modificarlos hasta alcanzar individuos que cumplan primero con las condiciones y luego hallar los óptimos.

- Cruce. Para crear diversidad, puede generar grandes cambios.
- Mutación. Para producir pequeñas adaptaciones.

El proceso para conseguir individuos viables y óptimos se basa en ir desplazando casillas de un polígono a otro hasta que cumplan las condiciones de forma y contacto. Una vez cumplan las condiciones los evaluamos, así se va consiguiendo una nube de individuos viables, que, por mutación y cruce, evolucionarán hasta alcanzar óptimos.

II.7.2.5.- ESCALABILIDAD DEL OPTIMIZADOR.

Al igual que el Programa de Necesidades y el Organigrama Funcional, el optimizador puede también ajustar la escala con la finalidad de reducir o ampliar el detalle. Ya se expuso en el apartado anterior que el número de individuos se multiplica exponencialmente al reducir la escala.

II.7.3.- PROBLEMA MÍNIMO CON CONDICIONES DE CONTORNO Y PREEXISTENCIAS.

Vamos a observar que sucede con el problema mínimo ya resuelto, si además le introducimos unas **Condiciones de Contacto con el Contorno**. En concreto vamos a solicitar que todas las piezas tengan un contacto de 1m con espacio libre exterior. Es decir, posean una ventana con el exterior.

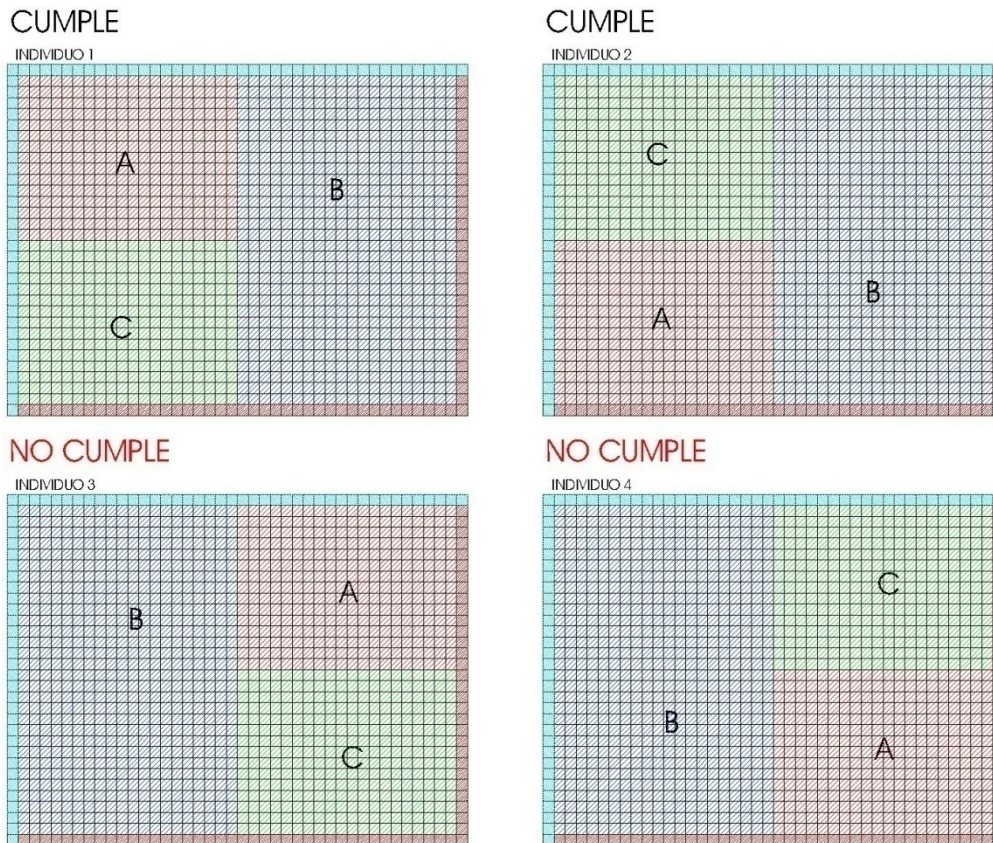


Fig. II.7.7.- Representación de problema mínimo con introducción de las células del contorno.

Vemos que los Individuos 3 y 4 no cumplen con las condiciones de Contorno, dado que los polígonos C y A no tienen 1 m. de contacto con el exterior. Es decir, arquitectónicamente diríamos que no cumplen las condiciones de habitabilidad al no tener ventana hacia espacio libre.

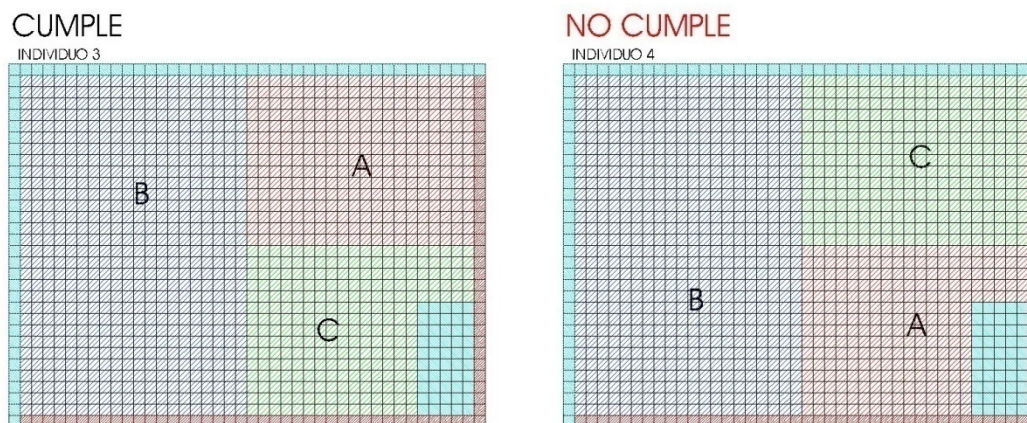


Fig. II.7.8.- Representación de introducción un patio en el problema mínimo.

Le introducimos un pequeño patio en la esquina. De esta forma cumple el 3 pero el 4 no porque el polígono A no tiene los 3 m² de superficie mínima exigida por forma.

Introducimos la preexistencia y vemos que no cumple ninguno. El B en los individuos 1 y 2 porque no inscribir un cuadrado de 2x2. A y C no cumplen en el Individuo 3 porque no cumplen con superficie mínima de 3m² y 2 m².

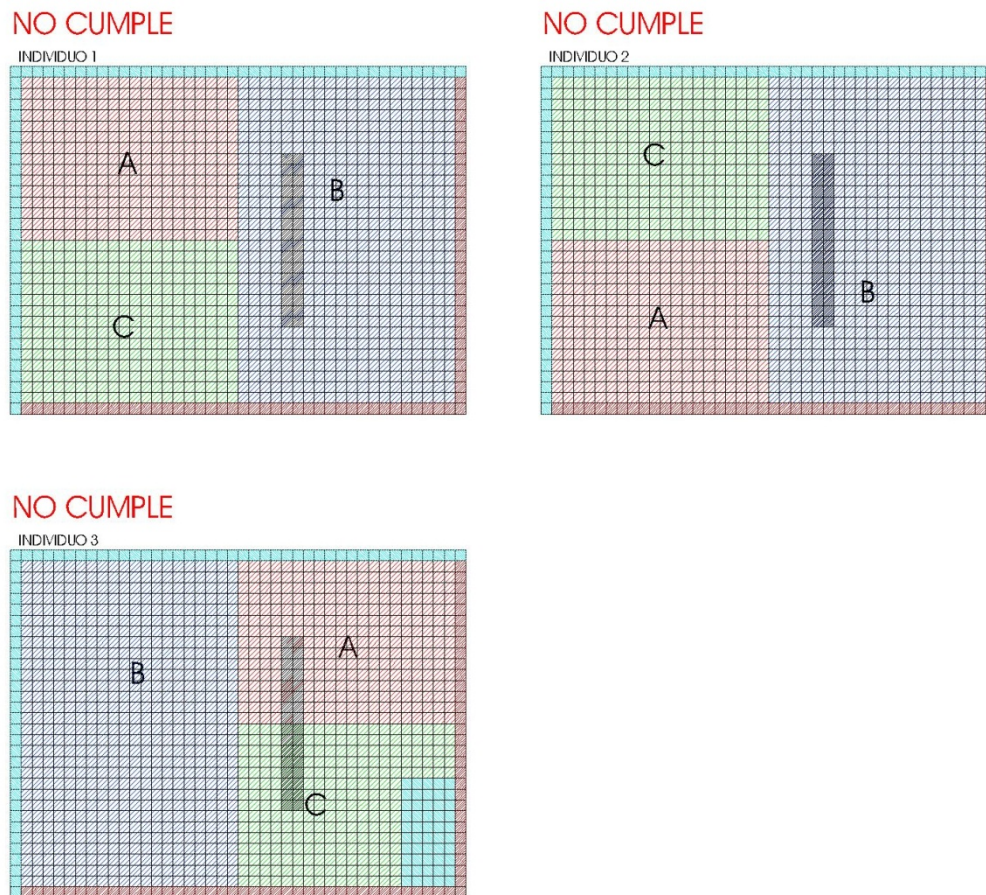


Fig. II.7.9.- Representación de introducción de una preexistencia.

Este nuevo individuo si cumple con todas las condiciones incluso una vez introducida la preexistencia. Pero la sumatoria de sus contactos es de 6 m. Por tanto es menos óptima que las anteriores.

CUMPLE

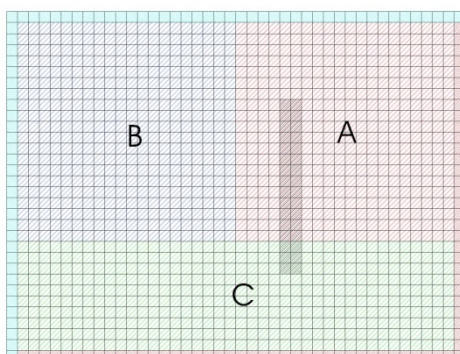


Fig. II.7.10.- Individuo válido y óptimo, incluso con condiciones exteriores y preexistencias.

II.7.4.-APROXIMACIÓN AL USO DEL OPTIMIZADOR PARA UN PLANTA CON VARIAS VIVIENDAS.

Se procede a continuación a hacer una descripción de los pasos, a efectuar al disminuir de escala e ir optimizando en cada una de ellas. A la vez que aumentamos la densidad de la matriz aumentamos también la complejidad del programa de necesidades y del Organigrama Funcional y por tanto, el número de elementos del Cuadro de Formas y de Contactos (Las piezas a introducir).

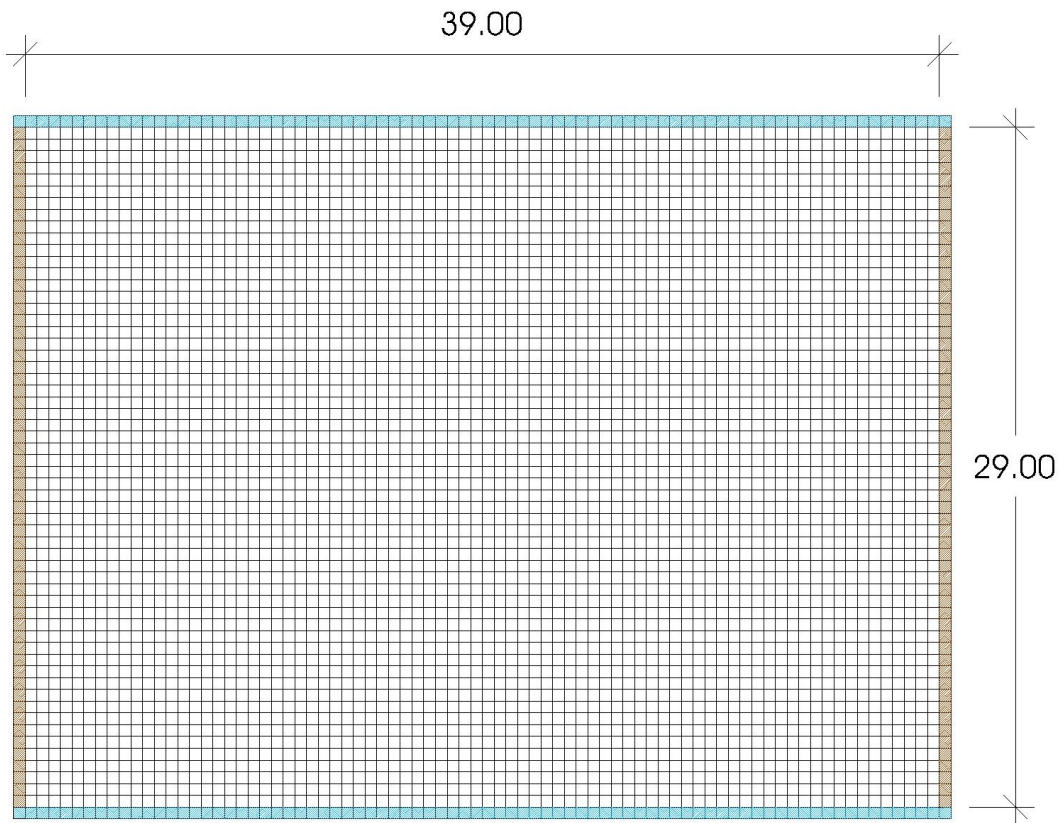


Fig. II.7.11.- Representación del planteamiento Inicial de Parcela de 39m. x 29 m.

1.- Partimos de un polígono contorno rectangular de 39m. x 29 m. = 1131 m². Tenemos a izquierda y derecha dos medianeras y cara superior e inferior espacio libre, como condiciones de contorno. Todos estos datos ya están modelados en la matriz superior con una densidad de 0,50 m, conformado por tanto 78 columnas y 58 filas total, con un total de 4.524 elementos internos mutables y las dos filas y columnas exteriores inmutables con la sola función de definir las características del borde.

2.- Requerimientos: Introducir el máximo espacio en uso de viviendas. Tenemos la flexibilidad de utilizar cualquier tipo de vivienda. Por tanto el programa de necesidades completo en este primer nivel de escala sería:

- Espacio Uso Residencial
- Espacio Sistema Respiratorio- 1 patio.
- Espacio Sistema Circulatorio- Circulación vertical + circulación horizontal.

El generador de Programas de Necesidades completo debe aportarnos las diferentes variables a materializar y evaluar.

Ejemplifico dos opciones:

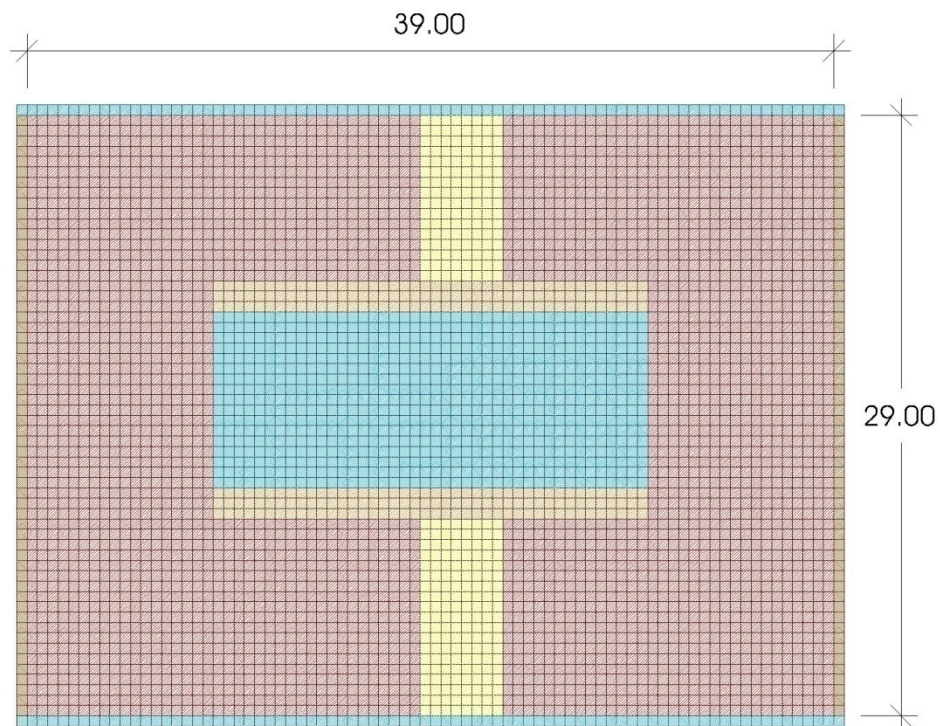


Fig. II.7.11.- Individuo configurado con un P.N. con dos núcleos de comunicaciones.

Superior: 2 Núcleos de Comunicaciones en Amarillo y 2 corredores en Naranja, para acceder a todo el espacio de viviendas.

Inferior: 1 Núcleo de Comunicaciones y dos corredores y una pasarela. El Inferior consume menos espacio en comunicaciones y por tanto aprovecha más espacio Productivo.

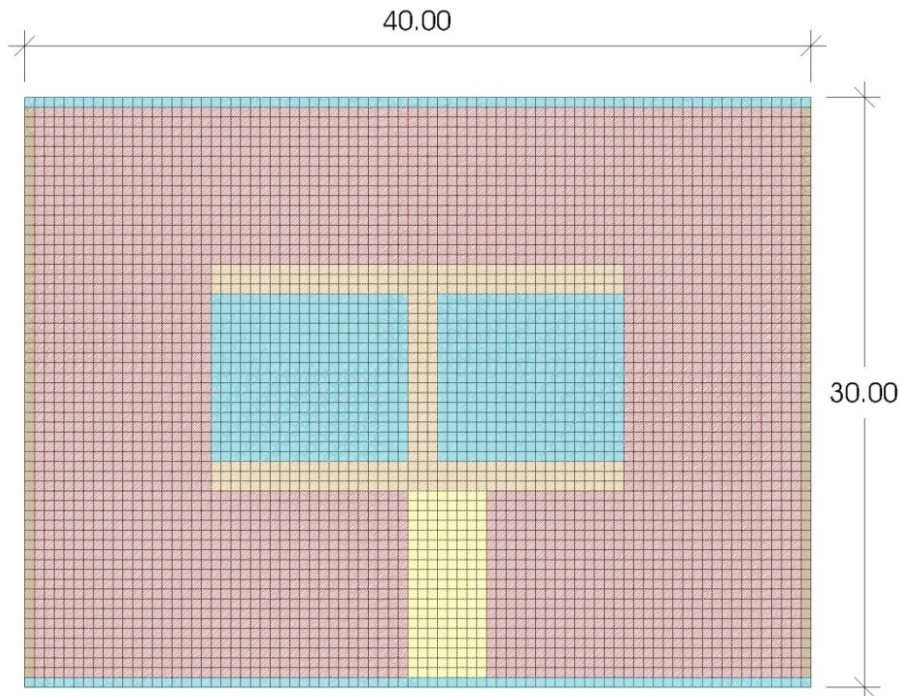


Fig. II.7.12.- Individuo configurado con un P.N. con un núcleo de comunicaciones.

Vayamos al siguiente ejemplo que topológicamente es similar al anterior. Se trata de un núcleo más un corredor. Es más óptimo al colocarse fuera de fachada y dejando ésta para las necesidades de la vivienda. En este esquema ya hemos subdividido en viviendas, resultando un total de 10 unidades de diferentes tamaños y programas.

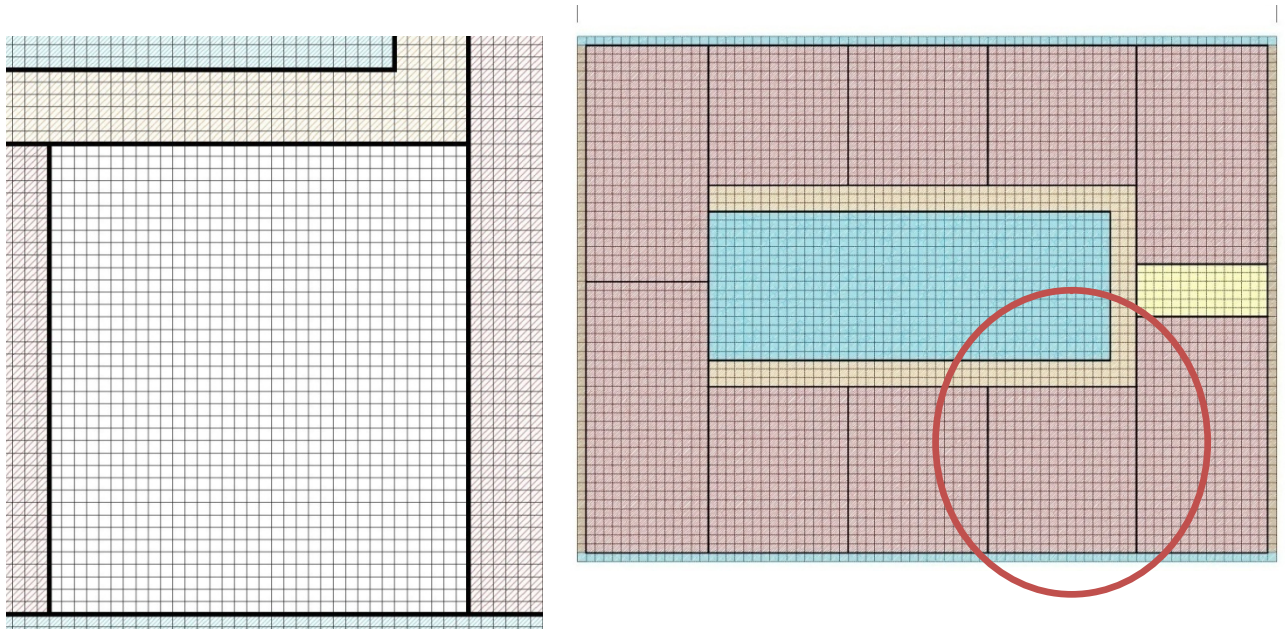


Fig. II.7.13.- Individuo configurado con un P.N. con un núcleo de comunicaciones, colocado en un lateral

Pasamos a una escala más definida para subdividir las viviendas, hacemos un zoom en una de las viviendas. Ampliamos programa y reducimos retícula a 0,25 m. Para el total de la edificación se replantea la matriz en 18096 elementos. En concreto para esta vivienda tenemos una submatriz de 1292 elementos (9,5 m. x 8,5 m.). Fig II.7.13

Materializaremos una opción de Programa de Necesidades y de Organigrama Funcional para esta vivienda. Fig. II.7.14.

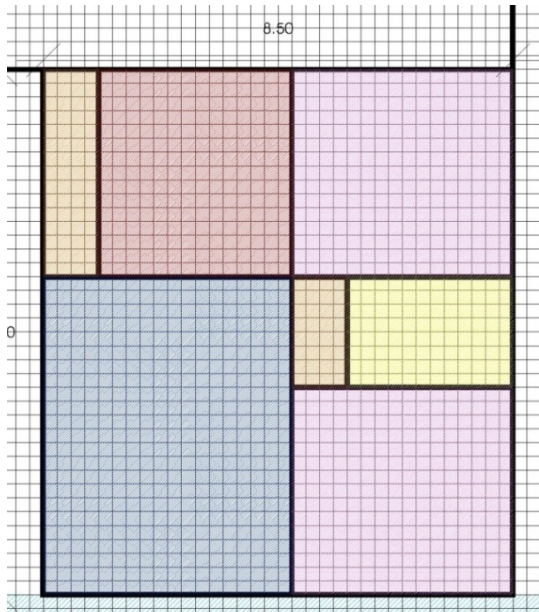


Fig. II.7.14.- Ampliación de la escala de la matriz, para configurar la distribución de la unidad residencial

Propongamos para esta vivienda un programa de 2 dormitorios, salón, cocina y baño. Del Programa de Necesidades y Organigrama Funcional obtenemos el Cuadro de Formas y Contactos (Piezas a introducir).

En la materialización del esquema topológico obtenemos la matriz. Se cumplen las condiciones de forma y de contacto. Todas las habitaciones a excepción del baño dan a espacio exterior. Y desde el corredor exterior se accede a todas por medios de dos pasillos que se han creado para que se circular.

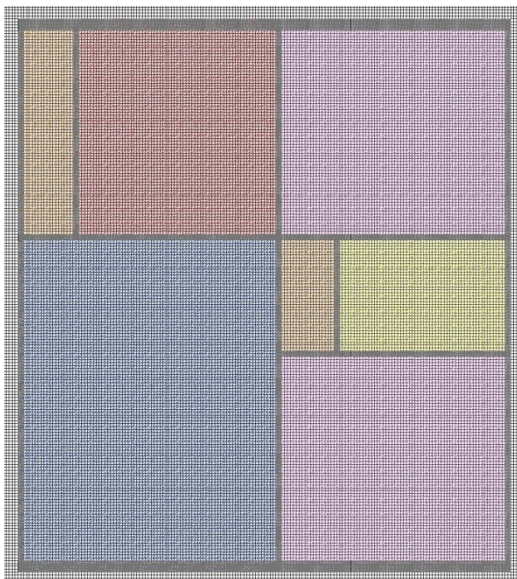


Fig. II.7.15.- Representación a nivel de planta inferior con inserción de tabiques.

Esta opción como óptima pasa al siguiente nivel escalar, que consiste en determinar el grosor de las pieles entre habitaciones. Para ello se vuelve a cambiar la densidad de la retícula a 0,05 m. produciendo para la vivienda 32300 elementos de esta matriz. Las piezas ya están colocadas, ahora hay que hacer los ajustes finos para colocar los tabiques. Fig. II.7.15.

Para este ejemplo solo hemos utilizado dos tipos de pieles, una de 20 cms para los contactos con exteriores y otra de 10 cms para pieles interiores. Ambas pieles se deducen de los datos de cada célula en relación a sus necesidades térmicas, acústicas, etc., dependiendo principalmente del uso.

En este momento ya se puede hacer una evaluación de relación entre espacio útil y espacio construido. Ya tenemos el espacio productivo definido, por tanto se puede evaluar el precio de venta de la promoción. El coste de la construcción también se puede estimar si previamente y durante la definición del programa de necesidades se han introducido los materiales de suelos, techos, muros, fachadas, etc.

Desde esta matriz con espacio construido definido, se puede seguir trabajando, colocando los huecos, puertas y ventanas. Nos servirán para evaluar el costo de las mismas e ir definiendo las plantas de cara a su presentación final.

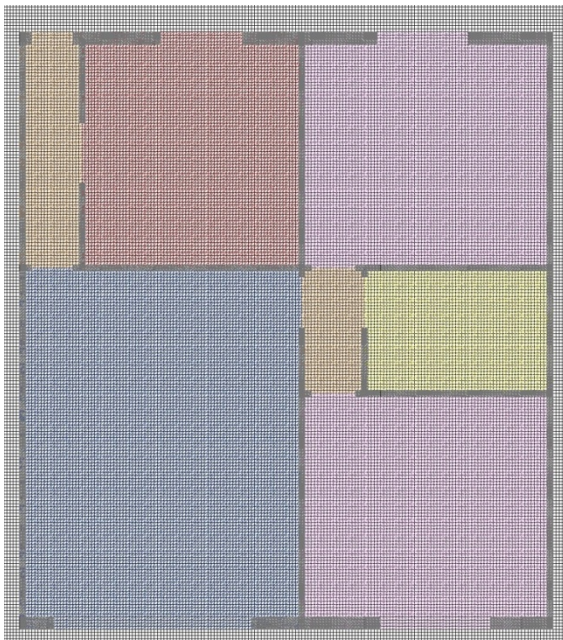


Fig. II.7.17.- Se introducen huecos de puertas y ventanas.

Se introducen los huecos donde se van a colocar puertas y ventanas.

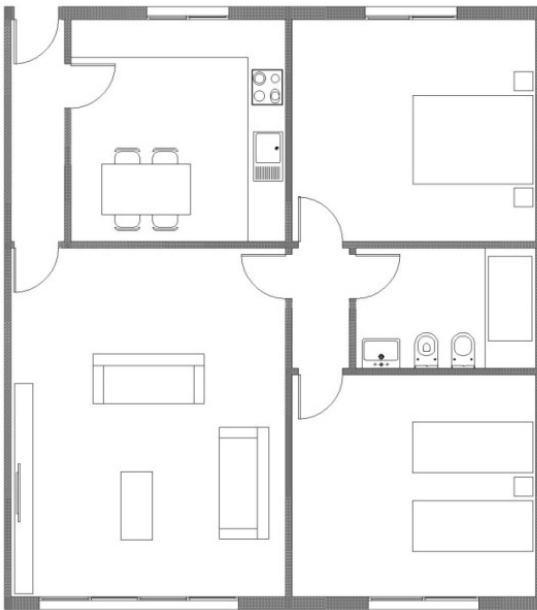
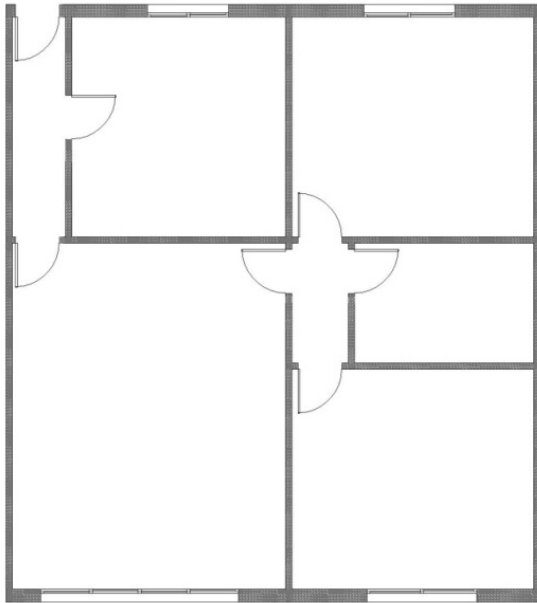


Fig. II.7.18.- Se convierte en dibujo convencional en planta y se introduce mobiliario.

Una vez acabada la optimización y dadas una distribuciones óptimas, se pueden integrar otros elementos como es el caso del mobiliario.

II.8.- LA FUNCIÓN OBJETIVO. EL MEJOR INDIVIDUO. LA DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA.

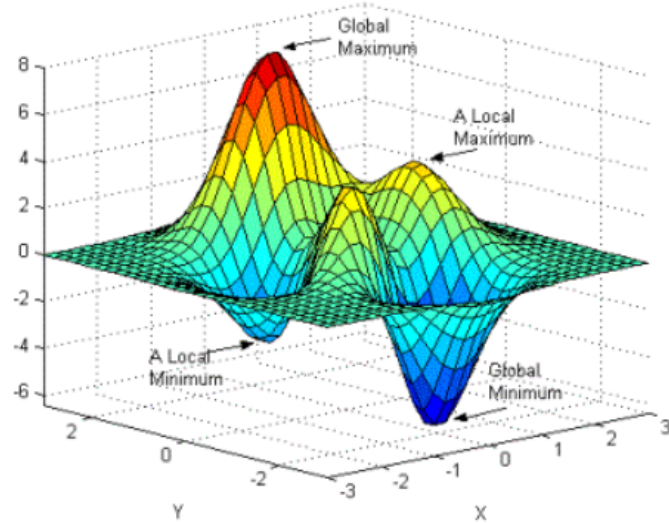


Fig. II.8.1.- Ejemplo para una función objetivo de dos variables. Ivorra, Carlos. *Apuntes de Teoría. Matemáticas II.* Facultad d'Economia. Universitat de Valencia. Curso Académico 2012-2013.

Hasta este momento se ha definido entre Arquitecto, Promotor y Usuario de que consta el edificio, como nos gustaría que se circulara en la edificación, donde podríamos situar en la parcela los patios y entradas. En este momento el cliente valorará si somos capaces de resolver la ecuación. Si somos capaces de entre todos los datos que nos ha dado, más los que nosotros suponemos que él pueda querer, lo entendamos y nos empaticemos con el promotor y sus intereses. Multitud de datos que se verán reflejados en una solución. La solución será correcta en cuanto cumpla con todas la **condiciones** que se la han impuesto por tanto será **viable**. Pero ¿cual solución será **la óptima, la mejor?** En este apartado definimos los criterios de la Función Objetivo. Para poder cuantificar y dar valor a las soluciones, y de esta forma la máquina de forma automática podrá descartar y buscar la mejor. La función objetiva nos devuelve un valor cuantitativo y concreto, una nota global, la solución que obtenga mejor nota será la mejor “a priori”, a la espera de la supervisión por el proyectista.

Los Criterios Cualitativos ya se han introducido como Datos de Partida, por tanto no se evalúan en la función Objetivo. Ya se le han especificado los criterios de Calidad, los cuales deberá cumplir para ser un individuo viable y por tanta evaluable.

II.8.1.- EL ÓPTIMO EN LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.

Vamos a definir en general cual va a ser el criterio de búsqueda del individuo óptimo. Posteriormente se explicarán variantes en relación a las solicitudes del promotor y de las características de la parcela.

II.8.1.1. -EL OBJETIVO DEL PROMOTOR PRIVADO.

En principio la solución mejor será aquella que cumpliendo todas las condiciones que se le han impuesto, resulta de un mayor aprovechamiento de la parcela. Evidentemente a fin de cuentas nos referimos a un mayor aprovechamiento económico de la promoción. El beneficio económico de la promoción se expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio} = \text{Precio de Venta} - [\text{Coste de Construcción} + \text{Coste Suelo}]$$

F1

F2

F3

En términos generales la promoción óptima será la que mayor beneficio económico obtenga el promotor. Para ello hay que maximizar el Precio de Venta (F1) y minimizar el coste de la Construcción (F2) y minimizar el Coste del Suelo (F3).

A1.- MAXIMIZAR EL PRECIO DE VENTA. MAX F1.

Si desglosamos las partes de la ecuación tenemos que el precio Obtenido de la Venta será mayor cuantas más unidades, más grandes y mejores conste el edificio. Es decir, por ejemplo, cuantas más viviendas, locales y garajes. Más concretamente cuantas más M2 de vivienda, locales y garajes. Es decir, el precio de venta será proporcional a la cantidad de superficie de suelo útil de unidades de venta.

La totalidad de volumen de una edificación construida dentro de una parcela se puede separar en:

-Sup. Construida:

- Superficie de Comunicaciones, Instalaciones, Servicios. Carecen de valor de venta.

- **Superficie de Unidades Productivas. Se ponen en Venta.**

-Sup. Libre: Patios.

Por tanto hay que maximizar la Superficie en unidades productivas y minimizar los patios y superficies de servicio.

SUP TOTAL = SUP. LIBRE + SUP. SERVICIO + SUP. UNIDADES PRODUCTIVAS.

1. FUNCIÓN OBJETIVO: MAXIMIZAR SUP. UNI. PRODUCTIVAS

Esta función objetivo es correcta sino se tiene en cuenta el valor relativo de unos Tipo de Unidades Productiva con respecto a otras. Para ello hay que introducir el valor relativo de Unidad con respecto a otra para mejorar la función objetivo.

2. FUNCIÓN OBJETIVO: MAXIMIZAR EL VALOR DE LA SUM. UNI. PRODUCTIVAS

Desgloce de Factores que influyen en el Precio de Venta de la Promoción.

Precio de Venta = (TIPO U.P. x m2 x €/m2)

- **Tipo U.P.:** Cada posible tipo de Unidad Productiva tendrá un precio. Viviendas de 2D, 3D, Locales, plazas de Garaje, Oficinas, etc. Cada tipo tiene un precio que viene del mercado de la zona y de la oferta y la demanda. Si se introducen precios de mercados para los tipos que proponemos o varios tipos, el programa será capaz de evaluar la rentabilidad de una promoción según elige un tipo u otro.
¿Será mejor una promoción de 4 viviendas de 3D ó 6 viviendas de 2D?. Ambos programas se introducen desde la Fase 2: PROGRAMAS DE NECESIDADES. Se introducen ambas opciones o las que se quisieran analizar.
- **M2 Superficie Tipo:** La superficie productiva es la que determina el precio. Cuanta más superficie productiva mayor el precio de venta.

- **Precio Tipo/m2:** El precio de mercado es un valor externo al programa que se tendrá que aportar si se quiere introducir en la optimización. Si se desconoce el valor específico del tipo en la zona en concreto, se determinará un valor estadístico para todos los tipos de forma que pueda hacerse la comparativa entre ellos. Conocer el valor del suelo actual es importante para evaluar el beneficio de la promoción. Se podría a su vez formular el impacto para el mercado de la introducción de las Unidades Productivas en el mismo. Se podrían implementar técnicas de venta para controlar los precios y adaptar la construcción por fases del edificio, de forma que estos factores también entrarían en LA OPTIMIZACIÓN.

A2.- MINIMIZAR EL COSTE DE LA CONSTRUCCIÓN. MIN F2.

El segundo factor en la fórmula para hallar la Promoción Optima es el coste de la Construcción. En dicho coste podemos englobar todos los costes del promotor para realizar la misma, desde la construcción, hasta las licencias, proyectos, tasas, impuestos, etc. Todos estos costos van en relación al Precio de Ejecución de la Obra y a grosso Modo el precio de Ejecución de la Obra es el Precio de Los materiales por la cantidad de ellos.

$$\text{COSTE DE EJECUCIÓN DE LA PROMOCIÓN} = \text{COSTE DE CONSTRUCCIÓN} + \text{COSTE ADMINISTRATIVO}$$

$$\text{C.E.P} = [\sum(\text{SUP. PARTIDAS} \times \text{PRECIO PARTIDAS})] + \% [\sum(\text{SUP. PARTIDAS} \times \text{PRECIO PARTIDAS})]$$

$$\text{MINIMIZAR C.E.P} = \text{MINIMIZAR } \sum(\text{SUP. PARTIDAS} \times \text{PRECIO PARTIDAS}).$$

PRECIO DE LAS PARTIDAS. La elección de materiales viene desde la Fase 2 en la cual se determina el Programa de Necesidades. Desde ese momento en la elección de los elementos y Tipos se determinará la calidad y de ahí su Precio.

CANTIDAD DE LAS PARTIDAS. Serán los m2 cuadrados de tabiques, puertas, etc. necesarias para desarrollar la planta. Es el Objetivo del Optimizador, cuantos menos tabiques, puertas, etc., sean necesarios más barata será la promoción.

Según los tipos elegidos, vivienda 2d, 3d, etc., necesitarán espacios más amplios o menos y de ahí que cada tipo tenga una repercusión Sup. Construida – Sup. Útil.

A3.- EL COSTE DEL SUELO. F3.

Este es un factor dado en la promoción y no entraría en un proceso de optimización. Sin embargo si nos podría decir, la promoción es rentable, tomando en cuenta el valor del suelo y la opción óptima de distribución dada por el Programa. También podría ser útil para hallar el valor máximo a pagar por el Suelo a la hora de Realizar una Promoción. O para comparar varias parcelas a promover utilizando el valor del suelo, para ver cuál puede ser la más beneficiosa.

II.8.1.2.-EL OBJETIVO DEL PROMOTOR PÚBLICO.

Por la naturaleza del Promotor y las normas administrativas de contratación, la formula inicial queda ligeramente modificada aunque en espíritu es la misma.

En principio no hay precio del Suelo, el cual influye notablemente en las tipologías a edificar. En edificación pública se colocará un edificio de viviendas sociales o un colegio en la Gran Vía o donde la sociedad lo demande y no supondrá una mejora de las Tipologías, las cuales están fijadas según unos estándares.

El programa de necesidades también está fijado y la optimización se reduce a hallar el mayor nº de unidades.

El costo de la promoción también está fijado en €/m², por lo cual tampoco influye significativamente en el diseño.

Dicho esto, el criterio más objetivo será conseguir el mayor nº de unidades.

1.- La evaluación del óptimo en Promoción Pública.

Una vez comprobado que el Individuo cumple las condiciones de Cuadros de Formas y Contactos. Una vez optimizado minimizando Segmentos Comunes entre piezas Evaluamos cada Individuo.

Max. Beneficio = Max. Nº Unidades Productivas al Coste fijado.

La evaluación de un Individuo la podemos hacer:

- Evaluación Geométrica en Base a M.L. de Segmentos Comunes:

La valoración objetiva de cada individuo se hace tomando el que tuviera el menor nº de metros lineales de contactos entre piezas.

- Evaluación Económica en Base a Costes de Construcción:

Es tomar los ml de cada pieza de los segmentos comunes y aplicarles un precio. Dado que los tipos de tabiques y de puertas son diferentes, pudiera ocurrir que una propuesta con menor superficie lineal de tabiques sea más cara que otra con mayor nº de tabiques.

-Evaluación Geométrica en Base a Superficie M2 Productivos:

Evaluamos las propuestas en base a la sumatoria de espacios Productivos (para un uso social). Deberían coincidir como mejor con la que menos M.L. de segmentos comunes tenga.

En la promoción Pública se introduce una nueva condición que es el Coste Máximo. Si el individuo supera ese valor se considerará inválido.

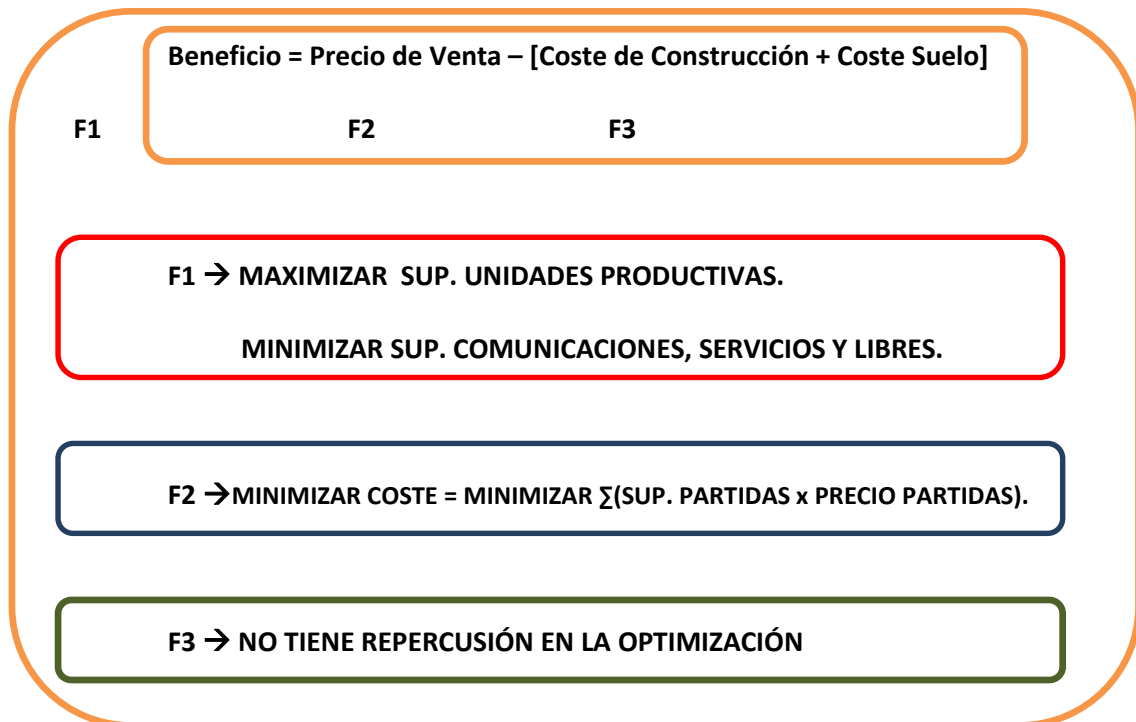
II.8.2.- EL ÓPTIMO EN LA PROYECTACIÓN MÁQUINA. RESPUESTA DEL OPTIMIZADOR A LAS TRES PREMISAS DEL MÉTODO.

Tal como vimos en el ejemplo mínimo las tres premisas son:

Convertimos todos los parámetros de la casuística proyectual en:

- 1.-Cuadro de Formas.
- 2.-Cuadro de Contactos.
- 3.-Optimizar minimizando segmentos de contacto entre piezas a introducir.

Las premisas 1 y 2 afectan a la optimización de forma cualitativa, es decir, fijando valores mínimos para las habitaciones. La premisa 3 afecta de forma cuantitativa es decir, reduciendo cualquier contacto y por tanto cualquier espacio al mínimo.



- ¿Cómo se relacionan las tres premisas del Método Máquina a los dos factores que influyen en el Beneficio del Proceso Proyectual?.

1.-La F1 (maximizar espacios productivos) se logra con la conjugación de las tres premisas. En el Cuadro de Formas a las Unidades Productivas se les va a dar una superficie mínima, a los espacios de comunicación, servicios y patios no, por tanto, tenderán a 0 cuando el optimizador en su búsqueda de los menores contactos reducirá todos los espacios a su mínimo. Por tanto se va a producir una reducción de Espacios no Productivos y también una reducción de espacio Construido sobre el Espacio Útil.

2.- La F2 (minimizar coste). La distribución que se realice con el menor nº de segmentos divisorios, por tanto es la reducción de espacio Construido, el cual es el espacio que tiene coste económico. Es decir para una misma construcción si el lugar de tener 1000 m² de tabiques, tenemos 850 m², ese es el ahorro etc.

3.- La evaluación del óptimo.

Una vez comprobado que el Individuo cumple las condiciones de Cuadros de Formas y Contactos. Una vez optimizado minimizando Segmentos Comunes entre piezas Evaluamos cada Individuo.

La evaluación de un Individuo la podemos hacer:

- Evaluación Geométrica en Base a M.L. de Segmentos Comunes:

La valoración objetiva de cada individuo se hace tomando el que tuviera el menor nº de metros lineales de contactos entre piezas.

- Evaluación Económica en Base a Costes de Construcción:

Es tomar los ml de cada pieza de los segmentos comunes y aplicarles un precio. Dado que los tipos de tabiques y de puertas son diferentes, pudiera ocurrir que una propuesta con menor superficie lineal de tabiques sea más cara que otra con mayor nº de tabiques.

-Evaluación Geométrica en Base a Superficie M2 Productivos:

Evaluamos las propuestas en base a la sumatoria de espacios Productivos (vendibles). Deberían coincidir como mejor con la que menos M.L. de segmentos comunes tenga.

-Evaluación Económica en Base a Precio de Venta:

Tomamos los espacios Productivos y les aplicamos un precio por Tipologías, lo que nos ofrece la evaluación en cuanto al precio de venta total de la edificación.

-Evaluación Económica en Base a Beneficio:

Tomamos el Precio de Venta y le restamos el Coste de Construcción de cada propuesta, nos da un valor comparable.

Para cada Individuo (conjunto de datos) el optimizador nos ofrecerá varios óptimos con una valoración.

Mediante Algoritmos Genéticos iremos buscando de las múltiples posibilidades la Mejor.

II.9.- METODO COMPLETO.

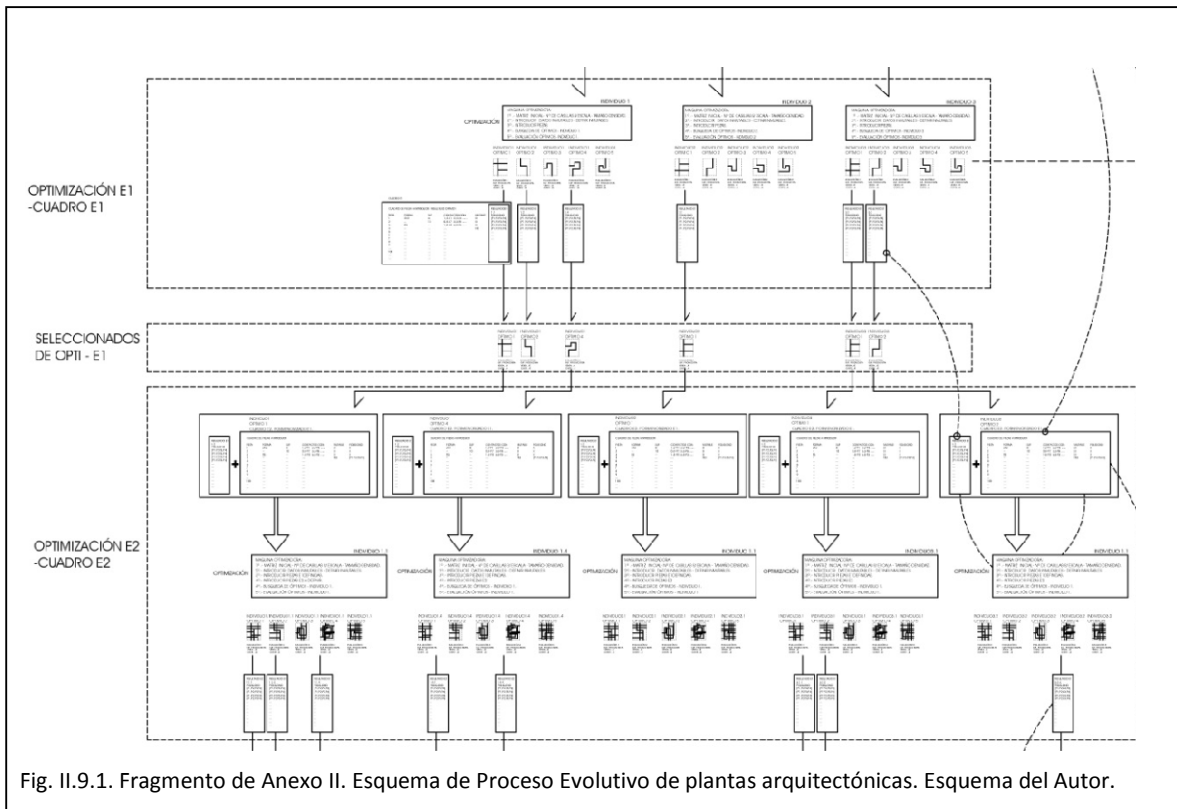


Fig. II.9.1. Fragmento de Anexo II. Esquema de Proceso Evolutivo de plantas arquitectónicas. Esquema del Autor.

II.9.1.-DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DEL PROBLEMA

Dentro de un entorno normativo (1), dada una parcela (2) y unos requerimientos de Programa (3) obtener la mejor distribución de los espacios en planta según una función objetivo (4).

El modelado del problema consistirá en convertir los datos iniciales (1, 2, 3) provenientes del Lenguaje Arquitectónico al Lenguaje Geométrico que necesita la Máquina.

Hemos sintetizando en sentido geométrico el problema:

(3) Programa de Necesidades → Listado de Tipos de Polígonos a distribuir.

(2) Parcela → Listado de Polígonos fijos que definen el área de colocación.

(1) Entorno Normativo → Normas que definen forma y posición de los polígonos a introducir.

Dados unos tipos de polígonos cada uno de ellos con unas normas de formación y posición, dada un área para su formación y colocación, encontrar la combinación de polígonos a introducir tal que su posición final genere la sumatoria mínima de contactos entre ellos.

II.9.2.- FASES DE MÉTODO.

El método se divide en dos fases principales: Generación de Individuos y Búsqueda del Individuo Optimo.

FASE 1.- GENERACIÓN DE CONJUNTOS DE DATOS:

A.- MODELADO DE DATOS. Generación de los conjuntos de datos para la máquina distribuidora.

-GENERACIÓN DEL PROGRAMAS DE NECESIDADES COMPLETO.

1-GENERACIÓN DEL P.N.B.

2-GENERACIÓN DEL P.N.ESPACIOS LIBRES.

3.-GENERACIÓN DEL P.N.ESPACIOS DE CIRCULACIÓN

-GENERACIÓN DEL CUADRO DE DATOS QUE CONFIGURAN LAS OPCIONES.

B.- MATERIALIZACIÓN. DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA DEL INDIVIDUO.

-SE INTRODUCE CUADRO DE DATOS MÁQUINA.

-SE OBTIENEN INDIVIDUOS COMO DISTRIBUCIONES ÓPTIMAS.

FASE 2.- BUSQUEDA DEL INDIVIDUO ÓPTIMO.

-SE EVALÚAN LOS INDIVIDUOS GENERADOS.

-SE PREMIA LO MEJORES.

-SE GENERAN NUEVOS INDIVIDUOS A PARTIR DE CRUCES Y MUTACIONES, EXPLORANDO LAS MEJORES RAMAS. (P.N.B Y O.F.)

-SE DETIENE LA BUSQUEDA CUANDO YA NO ENCONTRAMOS MEJORES INDIVIDUOS, CUANDO LA POBLACIÓN SE ESTANCA UN NÚMERO DETERMINADO DE GENERACIONES.

Se modela el conjunto de datos 1 y se materializa y evalúa, se modela el conjunto de datos 2 y se materializa y evalúa, de esta forma continuamos generando conjuntos de datos, materializándolos y evaluándolos.

En principio generamos estos al azar, es decir generamos P.N.B. al azar y le generamos su O.F. a partir del mismo al azar.

De los conjuntos de datos creados, optimizados y evaluados ya podemos conocer los mejores y por tanto que Programas de Necesidades Funcionan mejor y generan mejores distribuciones. Con estos individuos mejores, trabajaremos tomando sus P.N.B. y buscando las ramas mejores.

II.9.3.- CARACTERÍSTICAS DE LAS FASES.

II.9.3.1.- FASE 1.- GENERACIÓN DE CONJUNTOS DE DATOS (RAMAS, ESPECIES).

A.- MODELADO DE LOS CONJUNTOS DE DATOS.

En los capítulos precedentes de la Parte II se han explicado las etapas de la proyectación Humana y su propuesta de modelización a la Proyectación Automatizada. Se ha intentado que en dicha modelización pudiera estar representado cualquier problema que se dé en la proyectación arquitectónica. Se ha insistido constantemente en la diversidad casuística, porque se considera que ahí radica la dificultad de realizar una aplicación que sea útil para el proyectista Arquitecto.

De igual forma la Proyectación Humana es muy flexible, cambia los programas de Necesidades y Organigramas funcionales para resolver el problema. Por tanto para a la máquina le tenemos que dotar de igual forma de la capacidad de varias las condiciones de partida. Por tanto, combinaciones de Programas de Necesidades y Organigramas funcionales. De forma que será la máquina la que busque la óptimo de entre todas las combinaciones posibles.

En los Capítulos II.3, II.4, II.5, II.6 desarrollo los métodos y sistemas para automatizar la generación de los conjuntos de datos que generarán los individuos. El Proyectista solo tiene que proporcionarle la parcela, la normativa y los tipos celulares con los que quiere que trabaje. La máquina tendrá que combinarlos y hallar el óptimo.

CAPÍTULO II.3.- DATOS INICIALES. Modela los requerimientos de la parcela para generar automáticamente los datos de Células inmutables de Contorno y Opciones de Programas de Necesidades posibles.

- Dimensiones, Medianeras, Espacios exteriores, preexistencias.
- Plantas a edificar, edificabilidad, retranqueos, zonas construibles.
- Definición de niveles, alturas, límites de fachadas.
- Orientación, clima, requerimientos.

CAPITULO II.4.- SE MODELA EL ARBOL DE PROGRAMAS DE NECESIDADES. Se modelan los requerimientos del Programa de Necesidades Completo generando automáticamente opciones de Programas de Necesidades Completos a partir del Básico ofrecido por el Promotor.

- Modelado del Programa de Necesidades Básico requerido por promotor.
- Modelado del Programa de Necesidades Básico Óptimo para la parcela.
- Modelado del Programa de Necesidades Completo.
- Modelado de todos Sistemas Funcionales:
 - Programa de Necesidades Sistema Productivo.
 - Programa de Necesidades Sistema Respiratorio.
 - Programa de Necesidades Sistema Circulatorio.
 - Programa de Necesidades Sistema de Servicios.
- Modelado de cada elemento a diferentes escalas.
 - Creación de un árbol de opciones de Programas de Necesidades.

CAPÍTULO II.5.- MODELADO DEL ORGANIGRAMA FUNCIONAL. Tomando como base un Programa de Necesidades sin espacios de circulación, generará automáticamente todas las opciones de circulación entre las habitaciones. Para ello utiliza los datos que cada habitación tiene intrínsecos definidos en el Programa de Necesidades.

- Modelado del Organigrama Funcional.
- Automatización de la Creación de O.F.
- Modelado de la Circulación y sus espacios necesarios.
- Modelado de los Flujos. Circulaciones por usuarios.
- Modelado del O.F. a diferentes escalas.

CAPÍTULO II.6.- MODELADO DEL SISTEMA DE ESPACIOS LIBRES. Tomando como base el Programa de Necesidades Básico se generaran automáticamente todas las opciones de Programas de Espacios Libres necesarios para la habitabilidad del Programa de Necesidades.

- Modelado de los tipos de espacios libres y sus relaciones.
- Automatización de la Creación del Sistema de Espacios Libres.
- Modelado a diferentes escalas.

B.- MATERIALIZACIÓN. DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA. GENERACIÓN DE INDIVIDUOS.

La materialización es la generación de una distribución en planta del individuo a partir del cuadro de datos. Del conjunto de datos pueden obtenerse múltiples distribuciones y habrá que buscar la óptima. Estamos aquí en el ejemplo del Problema Mínimo del CAP II.1. Lo que se ha hecho hasta ahora es definir el modo de generar las diferentes opciones de Cuadros de Datos a suministrar al optimizador. Hemos modelado pues el problema arquitectónico y lo hemos sintetizado a un problema geométrico de optimización.

FORMATO DE DATOS PARA EL OPTIMIZADOR.

En estos cuatro capítulos se han trabajado los datos previos a la optimización. Todo proyecto de distribución de espacios se puede modelar así, ya sea una vivienda, un hospital, una industria, ya sea en espacios limitados o no, ya sea en edificios planos ó escalonados.

El modelado consistirá en tratar cualquier tipo de requerimiento necesario para la distribución de espacios arquitectónico y convertirlo en un cuadro-tabla-matriz de datos con la estructura siguiente:

Denominación	Forma	Min.Sup. Min.	Contactos Mínimos	Puntos Polígono	Mutable
D1V1	2 X 2	10 m ²	1-P1V1, 1.2-EXT1	¿?	Si
D2V1	1,4 x 2	6 m ²	1-P1V1, 1.2-EXT1	¿?	Si
B1V1	1,4 x 1,4	--	1-P1V1	¿?	Si
C1V1	1,7 x 1,7	7m ²	1-P1V1, 0.8-EXT1	¿?	Si
S1V1	2,5 x 2,5	20m ²	1-P1V1, 1.5-EXT1	¿?	Si
P1V1	Si>0→1 x 1	--	1-D1V1, 1-D2V1...	¿?	Si
EXT1	--	--	1.2-D1V1,1.2-D2..	P1,p2,p3,p4...	No
MED1	--	--	--	P1,p2,p3,p7,p5..	No

Este cuadro de datos estará compuesto por cada una de las células que componen el edificio, incluidas las exteriores en contacto con él. Cada célula tendrá su nombre, forma mínima, superficie mínima, contactos mínimos, puntos que conforman el polígono y si es mutable o no.

-Denominación: Nombre del Polígono. D1V1 (Dormitorio 1 de la Vivienda 1,...).

-Forma mínima y Superficie mínima. 2x2. (Debe contener un cuadrado de 2 x 2)
10 m2. (Debe tener mínimo 10 m2)

-Contactos mínimos con otros polígonos. 1-P1V1, 1.2-EXT1 (Debe estar en contacto 1 metro con el polígono P1V1 "pasillo1" y 1,2 metros con EXT1 "exterior").

-Puntos Polígono. Un dato fijo si está definida, un dato a buscar si es incógnita. ¿?.

-Mutable. Define si el polígono es modificable o no. (Si es un polígono distribuible o un polígono como dato previo)

En el lenguaje arquitectónico se traduce de la siguiente manera el **D1V1**: Búscame la posición y forma óptima del dormitorio 1 de la vivienda 1, tal que contenga en su interior un cuadrado de 2 x 2, tenga una superficie mínima de 10 m2, de una puerta al pasillo1 de 1 m. y una ventana al exterior de 1.2 m. y dámelo con la posición de los puntos que conforman dicho dormitorio.

EXT1: Este es el espacio exterior EXT1 en esta posición (p1, p2, p3, p4...), no se puede modificar, tiene que estar en contacto con el dormitorio1 en 1.2m y con D2 en 1.2m...etc.

El problema quedará definido para la máquina con este cuadro de datos, unas piezas con la geometría dada y otros con la geometría como incógnitas. Se ha reducido la resolución de cualquier proyecto arquitectónico a la resolución de esta tabla.

La dimensión de la tabla aumentará con la complejidad del proyecto, así como las posibles soluciones. Para que la solución dada sea correcta, debe contener todas las habitaciones necesarias del proyecto y estar ordenadas y posicionadas en el mejor lugar, todo esto se lo traducimos a la tabla en la fase anterior del modelado de los individuos.

MATERIALIZACIÓN.DISTRIBUCIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UN INDIVIDUO.

La resolución de la tabla, encontrando todas las geometrías de las piezas que faltan, define una distribución en planta válida, cumple con todos los requerimientos.

Como hay muchas opciones de distribución válidas, la óptima será aquella que resuelva la tabla con la menor sumatoria de segmentos comunes entre las piezas.

En el Capítulo II.7 se aportan algunas ideas y reflexiones sobre el optimizador. Tanto en su problemática como en su configuración, y la aplicación de la escala para reducir el problema y el cálculo.

Aunque se aportan algunas ideas para la máquina distribuidora no es objeto de este trabajo de investigación, el desarrollo de la misma. Solo se le ha modelado y planteado el problema para que se pueda resolver con herramientas matemáticas e informáticas.

En el capítulo I.3, se expone el estado del arte. En algunas investigaciones y prototipos parece que se ha conseguido una distribución y óptimos, pero siempre limitada a la introducción de datos iniciales a casos muy concretos, reduciendo totalmente su aplicabilidad totalmente.

PROBLEMA DEL MATERIALIZADOR.

Dado un nº de polígonos determinados, cada uno de ellos con unas normas de formación y posición, encontrar la forma y posición de cada uno tal que genere la sumatoria mínima de contactos entre ellos.

II.9.3.2.- FASE 2.- BUSQUEDA DEL INDIVIDUO ÓPTIMO. ALGORITMOS EVOLUTIVOS PARA LA BUSQUEDA DEL ÓPTIMO.

Cada Conjunto de Datos generará un candidato (individuo/distribución óptima) que se podrá evaluar.

POBLACIÓN INICIAL.						
Individuo 1.1	→	(datos de P.N.1)	+	(datos de O.G.1)	→	Cuadro de Datos Máquina 1.1 → Optimo 1.1 → Evaluación
Individuo 2.3	→	(datos de P.N.2)	+	(datos de O.G.3)	→	Cuadro de Datos Máquina 2.3 → Optimo 2.3 → Evaluación
Individuo 5.3	→	(datos de P.N.5)	+	(datos de O.G.3)	→	Cuadro de Datos Máquina 5.3 → Optimo 5.3 → Evaluación
Individuo 8.7	→	(datos de P.N.8)	+	(datos de O.G.7)	→	Cuadro de Datos Máquina 8.3 → Optimo 8.1 → Evaluación
...
...
Individuo i.i	→	(datos de P.N.i)	+	(datos de O.G.i)	→	Cuadro de Datos Máquina i.i → Optimo i.i → Evaluación

Partimos de los individuos iniciales que son generados al azar de toda la población posible.

Generamos el Individuo 1.1 → Óptimo → Evaluación

Generamos el Individuo 2.3 → Óptimo → Evaluación

Generamos el Individuo 5.3 → Óptimo → Evaluación

Generamos el Individuo 8.7 → Óptimo → Evaluación

Con el procedimiento evolutivo se irán premiando los Programas de Necesidades que responden mejor a la parcela y de estos con qué Organigramas Funcionales hacen que la distribución genere la mejor evaluación. Este será el mejor de los Individuos, el mejor conjunto de datos Máquina que cree la distribución óptima para la parcela dada.

EVALUCIÓN DE LOS CANDIDATOS.

En el Cap.II.8.- Función Objetivo, ya describimos algunas formas de Evaluar los Individuos.

Una vez tenemos individuos que han generado distribuciones óptimas podemos evaluarlas bajo los criterios del Promotor.

La elección de uno u otro método de evaluación dependerán de los datos previos que nos aporte el promotor. Datos de precios de venta de las unidades productivas y datos de las unidades de obra y su coste en el Programa de Necesidades.

- La que tenga Mejor Relación Espacio útil, espacio Construida.
Evaluará la mejor como lo hace el distribuidor, valorando la óptima como la que menos divisiones (muros, tabiques) genera.

- La que tenga Mejor Relación Espacios Productivos frente al resto Espacio. Evaluará la mejor como la que tenga menos Espacios Libres y de circulación.
- La que tenga menor precio de construcción. Sumará el coste de las unidades de construcción. Se podrá optimizar cambiando los materiales de construcción que sean más económicos ó ocupen de menos espacio en planta.
- La que tenga mayor precio de venta. Este factor sí puede cambiar mucho la evaluación y optimización. Es un factor decisivo en la elección inicial del Programa de Necesidades. Dado que puede ser mucho más valioso un edificio con oficinas que con viviendas dependiendo de la zona.
- La que produzca mayor beneficio a la promoción. Va en relación a los dos puntos anteriores, cambiando programa de necesidades y cuadro de materiales.

SELECCIÓN DE INDIVIDUOS.

Tomaremos los individuos con mejores evaluaciones para la búsqueda de los óptimos.

Características hereditarias del Individuo:

Programa Productivo. (nº de viviendas, nº de locales, etc)

Programa Sistema Espacios Libres. (nº de patios, forma, tamaño)

Programa Sistema Circulatorio. (nº de accesos, ascensores, pasillo principales)

Se tomarán las características hereditarias de los mejores individuos y se generaran nuevos individuos con ellas, que se evaluarán estos y si son mejores seguimos con ellos, por el contrario, los desechamos. Se evolucionarán varias generaciones hasta que no se consiga mejores individuos. En este punto se para la búsqueda y se ofrecen los resultados al proyectista para su análisis.

EJEMPLO DE EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN

Individuo 1.1 → (datos de P.N.1) + (datos de O.G.1) → Optimo 1.1 → Evaluación → 1,87 (RELACIÓN VENTA – CONSTRUCCIÓN)

DISTRIBUCIÓN EN PLANTAS 5 PLANTAS AL 85% EDIFICADO

PROGRAMA NECESIDADES: 10 % ESPACIOS CIRCULACIÓN

25% ESPACIO COMERCIAL

65% ESPACIO RESIDENCIAL TIPO VIV 2D

PROGRAMA ESPACIOS LIBRES: 3 PATIOS DE VENTILACIÓN.

PROGRAMA ESPACIOS CIRCULACION.: 1 NUCLEO VERTICAL, 1 DISTRIBUIDOR POR PLANTA

Individuo 1.1 → (datos de P.N.1) + (datos de O.G.1) → Optimo 1.1 → Evaluación → 1,85 (RELACIÓN VENTA – CONSTRUCCIÓN)

DISTRIBUCIÓN EN PLANTAS 4 PLANTAS AL 100% EDIFICADO

PROGRAMA NECESIDADES: 7 % ESPACIOS CIRCULACIÓN

25% ESPACIO COMERCIAL

65% ESPACIO RESIDENCIAL TIPO VIV 2D

PROGRAMA ESPACIOS LIBRES : 2 PATIOS DE VENTILACIÓN.

PROGRAMA ESPACIOS CIRCULACION.: 2 NUCLEO VERTICAL, 1 DISTRIBUIDOR POR PLANTA

De varios individuos óptimos se tomarán sus características mejores para crear los nuevos individuos. Se podrá variar la distribución de la edificabilidad por plantas, la proporción de las diferentes tipologías de usos, la cantidad de espacios libres, la cantidad de accesos al edificio, el nº de núcleos de comunicación vertical, el nº de distribuidores en planta, ...

II.9.4.- SIMPLIFICACIÓN MEDIANTE LA ESCALA.

Para edificación muy complejas y con gran número de habitaciones podemos reducir el problema actuando primeramente desde una escala superior, una vez obtengamos óptimos trabajamos con ellos a una escala inferior. Ya se ha desarrollado esta cualidad en los Capítulos anteriores.

La Escala de la Edificación. Grupos principales:

1.- GENERACIÓN DE CONJUNTOS DE DATOS- E1:

A.- MODELADO DEL INDIVIDUO. Generación de un individuo (conjuntos de datos) para la máquina distribuidora. Para Programas de Necesidades y organigramas en E1.

B.- MATERIALIZACIÓN. DISTRIBUCIÓN DEL INDIVIDUO A SER ÓPTIMO.

2.- BUSQUEDA DEL INDIVIDUO ÓPTIMO – E1: Halladas las mejores distribuciones en E1.

3.- GENERACIÓN DE CONJUNTOS DE DATOS - E2: Generamos los individuos a partir de los óptimos en E1

A.- MODELADO DEL INDIVIDUO. Generación de un individuo (conjuntos de datos) para la máquina distribuidora. Para Programas de Necesidades y organigramas en E2.

B.- MATERIALIZACIÓN. DISTRIBUCIÓN DEL INDIVIDUO A SER ÓPTIMO.

4.- BUSQUEDA DEL INDIVIDUO ÓPTIMO – E2: Halladas las mejores distribuciones en E2.

3.- GENERACIÓN DE CONJUNTOS DE DATOS - E3: Generamos los individuos a partir de los óptimos en E2

A.- MODELADO DEL INDIVIDUO. Generación de un individuo (conjuntos de datos) para la máquina distribuidora. Para Programas de Necesidades y organigramas en E3.

B.- MATERIALIZACIÓN. DISTRIBUCIÓN DEL INDIVIDUO A SER ÓPTIMO.

4.- BUSQUEDA DEL INDIVIDUO ÓPTIMO – E3: Halladas las mejores distribuciones en E3.

Primero se busca a gran escala, realizamos un programa de necesidades dividido por usos generales, los unimos por núcleos de comunicación, etc. Buscamos los óptimos a esta escala, que nos darán a groso modo las ramas donde encontrar los mejores individuos. Una vez tengamos una idea general de la mejor distribución de usos generales, podemos bajar la escala y ordenar por conjuntos funcionales (viviendas, locales). De esta forma ya se introducen espacios de comunicación y vemos su repercusión sobre la utilización de unos tipos u otros. A esta escala intermedia ya obtenemos una idea bastante avanzada de cuál es la mejor distribución de los tipos. Por último se pasa a la escala pormenorizada de colocar cada una de las habitaciones del edificio. Será una labor de afinar colocaciones y espacios.

II.9.5.- INTERVENCIÓN HUMANA EN EL MÉTODO.

El proyectista interviene en dos momentos del proceso:

1.- Al introducir los datos. Además de los requerimientos que determinan las normativas, podrá integrar sus limitaciones, formas de habitar, programas tipo, habitaciones tipo, organigramas funcionales tipo, etc. De esta manera se condiciona al optimizador a diseñar como el proyectista acostumbra. Va a condicionar los programas de necesidades y los organigramas funcionales.

2.- Al introducir algún elemento de inicio en la planta. Puede introducir una forma de fachada, ó una habitación interior con una forma determinada. Estas se introducirán como células inmutables, de forma que el optimizador trabajará con ellas pero no podrá modificarlas.

3.- Obtenidos los resultados óptimos. El proyectista estudiará las soluciones y si quisiera introducir algún cambio puntual (mover algún elemento, cambiar su forma) lo podrá hacer. El optimizador interpretará que todo lo no cambiado se queda como inmutable y realizará de nuevo la búsqueda con los nuevos elementos. Si al proyectista no le gusta la opción globalmente, tendrá que cambiar los requerimientos iniciales y los programas de necesidades de trabajo.

PARTE III.

CONCLUSIONES, PRINCIPALES APORTACIONES Y LINEAS FUTURAS.

CONCLUSIONES, PRINCIPALES APORTACIONES Y LINEAS FUTURAS.

Desde el comienzo del presente trabajo de investigación, incluso antes, durante los cursos de Doctorado, la inquietud que se nos planteó era: ¿Pueden automatizarse los procesos proyectuales de distribución arquitectónica en Planta? Responder a esta pregunta es la motivación para este trabajo de Investigación que pretende sentar las bases para ello. En este documento recojo la mayoría de líneas de trabajo que he llevado, se han ordenado y estructurado para proponer lo que en principio iba a ser un “Método”, luego pasó a ser una “metodología” y por último contextualizamos en unas “Contribuciones” a la Optimización en la Distribución de los Espacios Arquitectónicos.

El desarrollo de esta Tesis no me planteaba un guión claro, algo común, por otro lado en muchos trabajos de investigación, la problemática fue apareciendo junto con la investigación del método. Llegado un momento, me di cuenta que además estaba concibiendo una Teoría del Proyectar Automatizada para una Máquina. Tenía que entender cómo funcionan las máquinas, para teorizar sobre “un proyectar algoritmizable”. Entonces ¿Qué se pretende un método ó una teoría? Al final, modestamente, realizar contribuciones al dominio de interés. Observamos en el desarrollo del documento, que algunos capítulos son más técnicos y otros más metodológicos

No ha sido un trabajo de investigación lineal, no se empezó estudiando la proyectación arquitectónica, luego la Inteligencia Artificial, el estado del Arte, las aplicaciones Informáticas, los algoritmos evolutivos, la biología, las restricciones, para posteriormente con todo ese conocimiento, empezar a desarrollar el ejemplo mínimo, la casuística, las automatizaciones de los programas de necesidades, el algoritmo optimizador, las escalas y la propuesta de método completo. Fue bastante más desordenado, se empezó con lo que más me interesaba y luego saltaba de tema en tema según me asaltaban dudas e ideas. Pasaba del dibujo de organigramas a mano a lecturas de libros, de redactar una categorización de algún concepto a dibujarlo y comprobar si era válido para todos los casos arquitectónicos. Todo ello bajo mi prisma de Arquitecto y experimentando en múltiples proyectos, muchos concursos realizados, siendo estos últimos ejercicios de proyectación rápida, en la cual hay que acertar con el Programa de Necesidades a utilizar y como disponerlo dentro de la parcela. Estos trabajos eran investigaciones en casuística proyectual, que he volcado en este documento, intentando traducírsela a la máquina.

He partido de “ToyProblems” pequeños problemas juguete, para estudiar y validar en primera instancia los métodos y conceptos propuestos. En muchos de los capítulos explico procedimientos con organigramas y sus soluciones de aplicaciones reales. Estos pequeños experimentos son los que, situados en diferentes escenarios me aportaban la validación en cuanto a su aplicación a toda casuística. Vemos que en el ejemplo mínimo que propongo a medida que la aproximación se hace más compleja y le aplicamos más restricciones, este sigue siendo válido. Lo mismo sucede con los Programas de Necesidades, la forma de creación y lenguaje propuesto, al ampliarle las dimensiones y la complejidad del problema este responde correctamente absorbiendo los nuevos requerimientos.

El presente documento está ordenado en tres partes, la primera de conceptos generales, con gran cantidad de citas y bibliografía, la segunda con los procedimientos y aportaciones a un Método de optimización en la distribución, con gran cantidad de esquemas, distribuciones y diversos proyectos, casi todos del autor y la presente tercera parte con las Conclusiones.

Me gustaría poder concluir con un Sí a la pregunta que planteé de inicio “¿Pueden automatizarse los procesos proyectuales de distribución arquitectónica en Planta?”, desde el punto de vista teórico y metodológico queda desarrollar una aplicación informática satisfactoria para la mayoría de proyectistas y de uso común para que la respuesta positiva sea absoluta. Efectivamente existe alguna solución en la literatura (explicado en el capítulo del “Estado del Arte”) que han logrado alguna generación de una distribución, pero al reducirse a casos muy concretos (de laboratorio) y de complejo manejo, no la validan para su uso cotidiano. Nuestra propuesta sí cubre esas situaciones.

Sí puedo concluir positivamente que presento una metodología que puede abarcar toda la casuística y que la puede traducir a unos pocos parámetros con el fin de que la máquina, la entienda y la resuelva. Presento un método que, con ó sin ayuda humana, automatiza la generación de los Programa de Necesidades, Organigramas Funcionales y datos de Parcela y que los ofrece a la máquina en forma de conjuntos de datos, para que la misma, los pueda discriminar, escoger ó desechar, optar por uno u otro, para finalmente distribuir de forma óptima. Porque el distribuir, no es tanto el colocar las piezas, como el elegir las adecuadas. Las investigaciones referidas en la literatura hasta ahora se dedicaron a buscar el método para colocar las piezas y la presente Tesis aporta a la máquina la capacidad de elegir las. Esta contribución deseo que sea el paso para responder: Sí, se puede automatizar en proceso proyectual de distribución arquitectónica en Planta.

A continuación realizo una serie de reflexiones sobre el conjunto de este documento, que las voy a clasificar en Principales Aportaciones, Conclusiones e ideas Futuras.

III.1. PRINCIPALES APORTACIONES.

III.1.1.-METODO INTEGRAL DE PROYECTACIÓN.

Se entiende por Integral porque comprende la fase de preguntas **¿Qué necesitas?** Búsqueda de las piezas. Y la fase de respuestas. En base a esas necesidades **esta es la solución óptima.** Colocación de las Pieza.

Un método que solo se atenga a una de estas fases no sería útil para un desarrollo práctico. Como se ha visto en algunos de los métodos propuestos, ninguno consigue una materialización efectiva. Los métodos se quedan cortos para su aplicación a la realidad.

- Solo funcionan para un número pequeño de habitaciones y plantas.
- Hay que darles el esquema funcional hecho.
- Hay que darle los datos fijos, etc.

En la proyectación arquitectónica humana, la pericia no consiste sólo en hallar la distribución óptima en base a unos requerimientos Programáticos y Funcionales, consiste principalmente en elegir adecuadamente esos requerimientos. Tener la capacidad para detectar que se necesita y cómo funcionaría, es decir que espacios se van a desarrollar y como se relacionarán unos con otros, es decir como los usuarios desarrollarán sus actividades en el edificio y si lo harán cómoda y eficazmente.

La proyectación humana cuando se enfrenta a un nuevo problema, comienza un proceso de prueba y error de requerimientos y soluciones, crea los requerimientos y da soluciones candidatas, cambia requerimientos y da soluciones de óptimos, etc. hasta alcanzar una

solución que se estima la mejor, ya sea en competencia con otros arquitectos (Concurso) ya sea por aceptación de la solución por el promotor.

Generalmente y ordenando por tareas realizadas en un estudio:

- Búsqueda de Requerimientos la realiza el Arquitecto.
 - Es lo que denominamos la IDEA del proyecto. Se expresa en diagramas, cuadros y esquemas.
 - Se base en conocimientos y experiencia.
 - Es una tarea Estratégica.

- Obtención de Soluciones, óptimos y materialización en planta. Lo realizan Arquitectos jóvenes ó delineantes
 - Es la materialización de la IDEA. Se expresa en plantas arquitectónicas y cuadros de superficies.
 - Se basa en capacidades lógicas, control geométrico y repetición.
 - Es una tarea de destreza Técnica.

Obviamente la frontera entre ambas fases es muy difusa y dependiendo de que el proyecto tenga una componente más artística ó más especulativa toma más importancia una u otra fase.

En la presente propuesta metodológica se le ha dotado a la Máquina de las herramientas para que sea capaz de crear tanto los requerimientos como las soluciones. Si se es posible crear toda la gama posible de requerimientos y en base a ellos obtener todas las soluciones, obtendrá los óptimos que estamos buscando.

Para el proceso automatizado las tareas serán:

- Búsqueda de Requerimientos.
 - Explorar, desarrollar y clasificar toda la gama de posibilidades basada en combinación de unidades según unas reglas y características de las propias unidades y la parcela.
 - Generar los conjuntos de datos coherentes para dar soluciones.

- Obtención de Soluciones, Óptimos y materialización.
 - Con cada posibilidad de Conjunto de Datos, desarrollar las materializaciones y buscar las soluciones óptimas.
 - Es un problema de Optimización espacial geométrica. Donde forma y posición de los espacios es variable y se comporta como un organismo, cada habitación es una célula, se aplicaran **algoritmos evolutivos** para su solución.

Las fases estarán bien definidas. Pero hay que aplicar algoritmos evolutivos porque desarrollar todas las combinaciones con los conjuntos de datos es una tarea imposible. Habrá que estudiarlos subconjuntos principales de soluciones e ir cruzándolos y mutándolos para hallar los óptimos.

III.1.2.-MÉTODO BASADO EN ESPACIOS.

Uno de los objetivos del método es que la máquina entienda los espacios. Y por ello quiero decir que, al nombrar un espacio y tipo, la máquina reconocerá que características tiene, con quien se relaciona, cual es su lugar dentro de un organigrama Funcional, que tiene dentro, que tipo de muros usa, cual es su relación con el exterior y la fachada, etc. Que la máquina entienda los espacios, nos permite que al modificar algo del proyecto, ya sea de la planta acabada, del organigrama funcional o del programa, produzca una reordenación lógica de todos. Aplicamos la definición de “entender” número diecisiete de la Real Academia de la Lengua: *“Saber manejar o disponer de algo para algún fin”*.

Todos los procedimientos están basados en transformas cualquier dato en un espacio óen característica de un espacio. No existen otros elementos. Esta aportación conceptual en el modo de trabajar automatizado, le ofrecerá gran flexibilidad tanto en su funcionamiento como en la salida de resultados.

No es un método Basado en CAD (líneas de Dibujo) ni en BIM (elementos constructivos) sino que está basado en los espacios como células de un organismo. Una vez creados los espacios, los elementos constructivos y líneas se generan como representación de los mismos.

El que la máquina entienda los Espacios permite que se puedan incorporar sin dificultad nuevos elementos en el proyecto. Se pueden introducir elementos como “la fontanería” y automatizarlos, porque la máquina sabe donde están baños y cocinas.

Si el procedimiento entiende los espacios, podrá redactar memorias técnicas sobre el funcionamiento de los mismos y cumplimiento de normativas, también podrá generar las mediciones y presupuestos.

Una posible aplicación crearía un formato de intercambio de datos basado en la definición de los espacios, el cual es más flexible que los formatos BIM actuales.

III.1.3.- MÉTODO DE AYUDA A LA CREATIVIDAD ARQUITECTÓNICA.

Este es un Método acotado a la Proyección en Planta. Así lo entiende la máquina, su fin último es el desarrollo de una distribución en planta Optimizada. Queda fuera de este método el desarrollo de los conceptos de belleza, estética, etc. que engloben aspectos más allá del desarrollo en Planta de la Edificación. ¿Dónde quedan el diseño de fachadas, alzados y formas no racionales? Evidentemente no se desarrollan directamente en el método, pero es una ayuda a la Creatividad Arquitectónica en tres aspectos:

1.- Al eliminar el tedioso trabajo de la distribución, que supone en el estudio muchas horas de prueba y error, los arquitectos se pueden dedicar directamente a los aspectos más creativos.

2.- El Arquitecto puede introducir una línea, dibujo, intuición en la parcela y dejar que la máquina realice la distribución con ella, en un proceso interactivo muy interesante, donde a solicitud del arquitecto generará propuestas la máquina, que el arquitecto puede ir adaptando mejorando.

3.- Se puede crear una herramienta informática, de apoyo, que introduzca elementos aleatorios al azar en las plantas de forma que produzca resultado diferentes a lo puramente lógico óptimo. Puede crear patios ovalados, líneas curvas en fachadas, etc. Esta herramienta

sería un Generador de Extrañamiento, con patrones establecidos, estilos predeterminados, que junto con Programas de Necesidades y Organigramas Funcionales simularan estilos arquitectónicos o reprodujeran el estilo del arquitecto que esté usando el método.

Si el estilo puede quedar definido porque suele utilizar un Programa de Necesidades y un Organigrama Funcional característico, solo queda una utilización de formas generales que se pueden establecer en el Generador de Extrañamiento.

Hay que destacar que en Programa de Necesidades lo que estamos reflejando es ¿Cómo queremos que sean los espacios?, es decir, no solo incluyen la forma y superficie, en la definición de una habitación en el Programa de Necesidades, también irá los materiales, de suelos, paredes, techos, tipo de puertas, número de camas, tipo de ventanas (altas, bajas, verticales, horizontales) y cualquier parámetro que pueda caracterizarse en ese espacio. Al optimizador le dará igual muchos de estos parámetros, pero al arquitecto al caracterizar los espacios está diseñando cada uno de las habitaciones y ¿Qué Sensaciones van a haber dentro de la misma?

En el Organigrama Funcional vamos a decir, ¿Cómo queremos que se relacionen los espacios, como queremos que funcione el edificio? Un estudio de Arquitectura suele tener un estilo, que va evolucionando con el tiempo. Este estilo constituye su catalogo de herramientas con las que trabaja, y resulta muy costoso adquirirlo, de forma que no cambian de estilo y raramente empiezan de cero raramente. Además los clientes le solicitan su marca. Este Software personalizaría al estilo del Estudio de Arquitectura de forma que funcionaría como ayuda a la creatividad y productividad del Estudio.

III.1.4.- MÉTODO DE AYUDA AL PROMOTOR.

En la perspectiva más práctica del desarrollo de este Método, estaría la visión del Promotor Inmobiliario.

El proceso de optimización abarca desde la toma de decisión de los requerimientos iniciales hasta la búsqueda de la solución. Esto significa que se le puede pedir a la Máquina que designe cual es la solución optima para una parcela, un edificio de viviendas, de locales o de oficinas o una mezcla de estos y en qué proporción usos y tipos.

Para el Promotor Inmobiliario, la función Objetivo de la Búsqueda y la valoración de las opciones prácticamente es la misma. Traducir metros cuadrados en euros. Si en la optimización inicial catalogábamos “el mejor” como el que más espacio productivo generaba y menos espacio divisorio, para el promotor será la relación entre el precio de venta (superficie espacio productivo x €/m²) y el precio de construcción (superficie espacios divisorios x €/m²). Los resultados serán parecidos en valoración, pero nos darán una visión general del aprovechamiento económico de la promoción, dado que el tipo “Edificio de Oficinas” tendrá un valor de venta y construcción diferente al tipo “Edificio de Viviendas”. Un mejor aprovechamiento de un 5% de la promoción puede ser la diferencia de éxito a fracaso en la misma.

- Precio de Venta: Se halla directamente relacionando los espacios productivos obtenidos de la optimización con el precio de venta de estos. Intervienen por tanto en

la optimización que una tipología u otra produzca mayores espacios productivos en relación a los espacios de comunicación, servicios y libres, lo cuales no son vendibles. Determinar en la optimización cuales son las mejores opciones distributivas en relación a los precios de venta (Oferta y Demanda) en la zona es un paso directo.

- Precio de Construcción: Tal como hemos dicho, este método está basado en los espacios y en la caracterización de los mismos. De forma que para una determinada distribución conocemos todos sus espacios, sus dimensiones, sus materiales y por tanto su coste de construcción. Tal como se sabe en tiempo real los m² de una habitación podremos saber los € de coste de la misma. Esto nos aporta dos perspectivas diferentes:

1.- Dados unos materiales determinados hacer la optimización y determinar el coste de la misma, para junto con los datos de venta obtener el beneficio.

2.- Hallada la disposición óptima para venta, se pueden ir cambiando los materiales para alcanzar el precio de construcción aceptable. Teniendo en cuenta que los cambios de materiales afectan al precio de venta, se puede obtener la curva de calidad (coste-venta) que mayor beneficio económico produzca.

III.2. CONCLUSIONES.

III.2.1.- MÉTODO BASADO EN ALGORITMOS EVOLUTIVOS.

Desde el aspecto Conceptual y el aspecto Resolutivo.

El método toma conceptos de Biología Evolutiva para poder explicar la diversidad y complejidad de la Proyección en Planta Arquitectónica. Entendemos la Planta Arquitectónica como un individuo. Este individuo está compuesto como unidad mínima por células que son las habitaciones, cada una con sus características y funciones. Un grupo de Células forman un sistema funcional dentro del edificio, que puede ser Sistema productivo, sistema respiratorio, sistema circulatorio, etc. Cada sistema está compuesto por órganos, unidades funcionales independientes dentro del edificio, por ejemplo una vivienda, una oficina, etc.

Utilizamos este lenguaje Biológico para clasificar las zonas de la edificación, sus usos y funciones. Esto nos permitirá realizar los Programas de Necesidades y Organigramas Funcionales desde esta óptica. A nuestro parecer muy útil para entender el funcionamiento de una edificación como si fuera un ser vivo. De aquí, conceptos como individuo viable, si cumple con las condiciones impuestas por el entorno, individuo óptimo si es el mejor en esas condiciones.

A la vez desde el punto de vista puramente técnico de resolución de una planta, utilizaremos los algoritmos genéticos para obtener los resultados. Para poder explorar toda la gama de soluciones necesitaremos de esta herramienta. Cogemos individuos de diferentes ramas de programas de necesidades y sub-ramas de tipos de organizaciones funcionales, se valorarán las mismas y las más óptimas se cruzarán o mutarán hasta encontrar los óptimos.

Dada la inmensa diversidad de programas y formas de funcionamiento se adopta este sistema evolutivo como método de optimización dado que los factores de cálculo son muchísimos y cualquier cambio en un parámetro produce repercusiones en el resto. Cualquier ajuste en forma y posición de una célula afecta al resto de la planta, produciendo un efecto cadena entre todas las otras posiciones. En distribuciones de alto número de habitaciones la optimización de una planta puede llegar a ser inviable, por ello utilizamos un procedimiento escalar para cortar las ramas infructuosas desde inicio y explorar las más viables.

III.2.2.- TEORÍA DEL PROYECTAR ALGORITMIZABLE VS. MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN EN LA PROYECTACIÓN ARQUITECTÓNICA.

Esta Tesis se desarrollara en Arquitectura se podría denominar **Teoría del Proyectar Algoritmizable**. Como se ha hace en Ingeniería se denomina **Contribuciones a un Método de Optimización en la organización de Espacios Arquitectónicos**.

MÉTODO. Dō (término japonés para el método o camino). Modo ordenado y sistemático de proceder para llegar a un resultado o fin determinado.

TEORÍA. Un sistema lógico-deductivo constituido por un conjunto de hipótesis, un campo de aplicación (de lo que trata la teoría, el conjunto de cosas que explica) y algunas reglas que permitan extraer consecuencias de las hipótesis de la teoría.

La palabra "Teoría" sugiere "proyecto", la palabra "método" sugiere "calculo". Ambas se entrelazan en la Tesis, se pretende hacer un Método y para ello se crea un Teoría que sin el Método como fin no se hubiera creado.

Al ir estudiando la Proyección en Planta, sus características, funcionamientos, creación, etc. desde una perspectiva externa a la Propia Proyección Humana, utilizando algunos elementos de la misma, pero pensando en la Máquina y sus herramientas. Desde el principio no se planteó realizar un estudio de la mente humana y su funcionamiento a la hora de proyectar, sino un estudio de cómo se transformaban las plantas para que fueran entendibles por un ordenador. El que el ordenador entendiera los espacios era el punto fundamental para que pudiera realizar los cálculos. En eso se basa el método, en el entendimiento del espacio.

Si el Proyectar Arquitectónico es disponer y conformar espacios dentro de un contorno, esto es lo que había que transmitirle a la máquina, y en eso se basaron todos los estudios y procedimientos que se han aplicado. De mis conocimientos de Arquitecto más lo aprendido en los Cursos de doctorado sobre optimización, el entendimiento del ordenador y la guía de los directores de Tesis he ido generando una aproximación dentro de un campo de aplicación con reglas para un Proyectar Arquitectónico. Es decir, en paralelo una Teoría del Proyectar Algoritmizable.

Teoría es un término que se utiliza para explicar ciencia, doctrina o actividad. Es una actividad de estudio para explicar un fenómeno. Es explicativo. **Método** es término para diseñar, proyectar. Es creativo.

Se podrían escribir dos Tesis:

- Una para Arquitectos donde el Fin fuera la Teoría y el medio el Método.
- Una para Ingenieros donde el Fin fuera el Método y el medio la Teoría.

Cada uno desde su perspectiva y sus intereses realizarían la interpretación. En mi caso aún siendo Arquitecto quise hacer un Método por ello realizo la Tesis en Ingeniería y Informática, pero mi condición me ha hecho que al ampliar el problema a la enorme casuística arquitectónica he ido creando una Teoría que abarca todo el proceso Proyectual. Métodos para solucionar casos concretos ya existen (con nº limitado de habitaciones, plantas) pero su poca aplicabilidad a la realidad han determinado su fracaso. El método debe contemplar la mayoría de la casuística práctica en la Proyección arquitectónica, para ello que vaya acompañado de una Teoría del Proyectar Algoritmizable que le puede dar la flexibilidad para adaptarse a las necesidades reales de los proyectista y convertirse en una herramienta útil.

III.2.3.-.- METODO HEURÍSTICO FRENTE A MÉTODO DETERMINISTA.

Se ha concebido el método desde su inicio como un método totalmente heurístico. No se le presupone ninguna solución, no incluye ninguna herramienta determinista tipo (colocar una crujía máxima de 15 m.) no se le introduce ningún tipo arquitectónico, no se le da ninguna instrucción geométrica, no se utilizan patrones, no se introducen tablas de decisión.

- ¿Cuál es el motivo de ello?:

1. Para que el Método tenga la libertad de ofrecer cualquier solución ante cualquier problemática.

El uso de Métodos deterministas de uso de Tipologías responde a problemas concretos. Habría que modelar todo problema posible y determinar sus tipos. Y aquí radica el poco uso y el fracaso de las aplicaciones informáticas desarrolladas hasta el momento.

- 2.- Es un Método basado en Algoritmos Evolutivos. Simula el comportamiento de la Naturaleza, la cual no es que sea muy inteligente, sino que se basa en manejar muchos individuos y tiempo para evolucionar. No utiliza ninguna deducción lógica en su toma de decisiones sobre como evolucionar una especie. Le cambia el color de pelo a la Cebra y se la come el León, probamos con otro color que asegure mejor su supervivencia. De antemano, la naturaleza no tiene una carta de colores.

Para las plantas Arquitectónicas actuamos de la misma forma. Tenemos la posibilidad de crear miles de Individuos y las computadoras aceleran mucho el paso del tiempo. Se prueban y diversifican muchísimas opciones.

Este defecto de la “sencillez” se convierte en la virtud de la “flexibilidad”. Ante casos muy complejos que no se atienen a “tipos” ni “esquemas”, ante parcelas urbanas de geometrías disparatadas, ante Arquitectos muy Creativos que requieren de soluciones no convencionales, ante requerimientos sociales nuevos y flujos de circulaciones inabarcables la utilización de Algoritmos Evolutivos nos ofrecerán soluciones que otros métodos deterministas no serían capaces.

Es un método horizontal, rizomático frente a uno vertical jerarquizado.

III.2.4.-.- LA FORMA DE LO ÓPTIMO. LA PERSPECTIVA ECOLÓGICA.

Por último, una reflexión que me surge al final de la redacción de la Tesis. Como he dicho anteriormente el debate “forma – función” ha sido y es un debate que se da dentro de la Crítica de la Arquitectura y de las Escuelas de Arquitectura cuando se aborda la asignatura de proyectos. Históricamente ha habido grandes arquitectos que han defendido que la forma debe seguir a la función. La forma del edificio debe ser reflejo del funcionamiento interno y la buena arquitectura debe seguir esta máxima. En la arquitectura contemporánea estas posturas no se aplican y desde luego no me siento preparado para definir cuál es el tratamiento contemporáneo del debate proyectual teórico (forma-función), pero desde el punto de vista técnico, el gran avance en estructuras y definición de piezas estructurales 3d ha hecho posible la construcción de formas imposibles hace 20 años. Este derroche de forma y economía solo puede sostenerse bajo el prisma de crear un icono.

Frente al derroche de forma, quiero reivindicar la “forma de lo óptimo”. Y por ello entiendo que una edificación optimizada, es decir con los espacios construidos óptimos necesarios para realizar su función será la que menos recursos consumiré. Y con recursos me refiero, a menos suelo, menos materiales de construcción, menos gastos en transporte de materiales, menos CO2 y a fin de cuentas una construcción más ecológica y sostenible. La forma de lo “Óptimo” es a su vez la forma más ecológica de construir y ello no debe entrar en conflicto con la belleza, la originalidad, la comodidad ó la vanguardia.

III.3. LINEAS FUTURAS.

A lo largo de este documento se ha planteado una metodología completa en todas sus fases con coherencia entre ellas y que cubre toda la casuística proyectual. El objetivo de que la metodología cumpla los requisitos de completitud, coherencia y cobertura amplia ha exigido un trabajo ingente. Que deberá ser completado con trabajos futuros relacionados con los diferentes apartados del método y que se configurarán como futuras líneas de investigación derivadas de este trabajo.

Con el fin de llevar a la práctica lo propuesto en la Tesis, habría que implementar tres aplicaciones:

A.-Una aplicación para modelar los conjuntos de datos iniciales.

B.-Una aplicación para generar distribuciones a partir de conjuntos de datos cerrados.

C.-Una aplicación que mediante algoritmos evolutivos trabaje con las dos anteriores generando individuos, evaluándolos, mutándolos y cruzándolos.

Se necesitará un equipo multidisciplinar para conseguir desarrollar las mismas. A mi modo de ver y dividido por tareas:

Para A: Problema de automatización. Modelar Conjuntos de datos coherentes.

Para B: Problema de Distribución Geométrica Óptima. Generar Individuos.

Para C: Problema de Algoritmos Evolutivos. Elegir los mejores Individuos generados en B y utilizar A para generar nuevos conjuntos de datos tomando la herencia genética de B, repitiendo este proceso hasta no hallar mejores, por tanto encontrado los óptimos.

En lo que a mí como Arquitecto me corresponde, todavía quedan muchos aspectos en los que realizar trabajos adicionales: estudiar pormenorizadamente diagramas de flujos, diagrama de flujos de espacios libres, automatizar espacios de servicios complementarios, conjugación de espacios en diferentes plantas, modelizar con más precisión conceptos de relación edificio – ciudad, modelizar la conformación de las epidermis celulares, etc.

PARTE IV. APENDICES.

BIBLIOGRAFIA.

Aalto, Alvar. *La Humanización de la Arquitectura*. Tusquets Editor. Serie de Arquitectura y Diseño dirigida por Xavier Sust, volumen 9. Barcelona, 1977.

Alberti, Leon Battista. *Aedificatoria*. Ediciones Akal. SA. Madrid, 1991.

Alexander, Christopher. *El modo intemporal de construir*. Gustavo Gili. Barcelona, 1981.

Alexander Christopher, Ishikawa Sara, Silverstein Murray. *A pattern Language*. Ed. Oxford University Press. 1977. Edición española: Alexander Christopher, Ishikawa Sara, y Silverstein Murray, *A Pattern language = Un lenguaje de patrones: ciudades, edificios, construcciones*. Gustavo Gili. Barcelona, 1980.

Alonso del Valle, Ricardo. *El lenguaje del proyecto*. Ed. Nobuko. Buenos Aires, Argentina. 2009, <http://site.ebrary.com/id/10515018>.

Calatrava Escobar, Juan A. *Arquitectura y naturaleza: el mito de la cabaña primitiva en la teoría arquitectónica de la ilustración*. *Gazeta de antropología*.1991 p. 85-99.

Chermayeff, Serge y Alexander, Christopher. *Comunidad y privacidad: hacia una nueva arquitectura humanista*. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires, 1977

De la Sota, Alejandro. *Alejandro de la Sota. Arquitecto*. Ediciones Pronaos, S.A. Madrid, 1989.

Ernst Neufert et al., *Arte de proyectar en arquitectura: fundamentos, normas y prescripciones sobre construcción, dimensiones de edificios, locales y utensilios, instalaciones, distribución y programas de necesidades*. Gustavo Gili. Barcelona, 1995.

Escartí, Francisco: *El secreto de los pájaros: cómo el hombre aprendió a volar*. Ediciones Dauro. Granada, 2012.

Feijó Muñoz, Jesús. *Proyectos arquitectónicos asistidos por ordenador*. Secretariado de Publicaciones Universidad de Valladolid: Colegio Oficial de Arquitectos en Valladolid, 1992.

Fuentes Giner, Begoña. *Impacto de BIM en el proceso constructivo español*. Servicios y comunicación LGV. Alcoy. Alicante, 2014.

García Muñoz, Gonzalo y De las Heras, Mariano. *Precio, tiempo y arquitectura: mediciones, presupuestos y planificación para edificación y obra civil*. Ed. Celeste/ Maireta. Madrid, 2001.

Gómez M et al., *Cómo hacer una tesis de maestría y doctorado investigación, escritura y publicación* Ecoe Ediciones. Bogotá: 2010, <http://www.digitaliapublishing.com/a/29881/>.

Klein, Alexander. *Vivienda mínima: 1906-1957*. Barcelona. Ed. Gustavo Gili, 1980.

Kruft, Hanno-Walter. *Historia de la Teoría de la Arquitectura 2, desde el siglo XIX hasta nuestros Días*. Alianza Editorial, S.A. Madrid, 1990.

Le Corbusier. *El Modulor: ensayo sobre una medida armónica a la escala humana aplicable universalmente a la arquitectura y a la mecánica*. Ed. Poseidon. Barcelona, 1979.

Le Corbusier. *Mensaje a los Estudiantes de Arquitectura*. Ediciones Infinito, Buenos Aires, 1961.

Le Corbusier y Josefina Martínez Alinari, *Hacia una arquitectura*. Ed. Poseidón. Barcelona, 1978.

Negroponte, Nicholas. *The Architecture Machine: Toward a More Human Environment*. Cambridge: The MIT Press, 1973.

Martí Arís, Carlos. *Las Variaciones de la Identidad. Ensayo sobre el Tipo en Arquitectura*. Ediciones del Serbal. Demarcación de Barcelona del Colegio de Arquitectos de Cataluña. Arquitectura / Teoría. Barcelona, 1993.

Monedero, Javier. *Aplicaciones informáticas en arquitectura*. Ediciones Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 1999.

Montaner, Josep Maria. *Del diagrama a las experiencias, hacia un arquitectura de la acción*. Editorial Gustavo Gili Barcelona, 2014.

Quaroni, Ludovico. *Proyectar un Edificio. Ocho Lecciones de Arquitectura*. Ediciones Xarait. Madrid, 1980.

Rykwert, Joseph. *La casa de Adán en el paraíso*. Barcelona. Editorial Gustavo Gili, 1999.

Sabino, Carlos A: *Cómo hacer una tesis: y elaborar todo tipo de escritos*. Lumen/Humanitas. Buenos Aires, 1998.

Sainz, Jorge y Valderrama, Fernando. *Infografía y arquitectura: dibujo y proyecto asistidos por ordenador*. Nerea, Madrid, 1992.

Seguí de la Riva, Javier. *Dibujar proyectar V: Introducción a la interpretación y análisis de la forma arquitectónica*. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la. E.T.S. De Arquitectura. Madrid, 2004.

Seguí de la Riva, Javier. *Dibujar proyectar VI: escritos diversos*. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la. E.T.S. De Arquitectura. Madrid, 2004.

Vitruvio. *Los Diez Libros de Arquitectura*. Editorial Iberia S.A. Col. Obras Maestras. Barcelona, 1970.

Revistas:

- AV Proyectos nº 18. *Herzog y de Meuron. Torre Roche. Basilea. 2006.* Arquitectura Viva. Madrid. 2006. p. 6-9.
- Kazuyo Sejima et al., *Sanaa: Kazuyo Sejima, Ryue Nishizawa, 2004-2008: topología arquitectónica.* El Croquis Editorial. Madrid, 2007.

Tesis consultadas:

- De la Barrera Poblete, Carlos I. *Algoritmos Genéticos como Estrategia de Diseño en Arquitectura* .Programa de Doctorado "Comunicación Visual en Arquitectura y Diseño" ETSAB. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 2010.
- Nieto Fernández, Fernando. *Normalizar la utopía. Un proyecto de sistematización de la normativa en vivienda social.* ETSAM. Universidad Politécnica de Madrid, 2014.
- Pina Lupiáñez, Rafael. *El proyecto de arquitectura. El rigor científico como instrumento poético.* ETSAM. Universidad Politécnica de Madrid, 2004.

Artículos consultados:

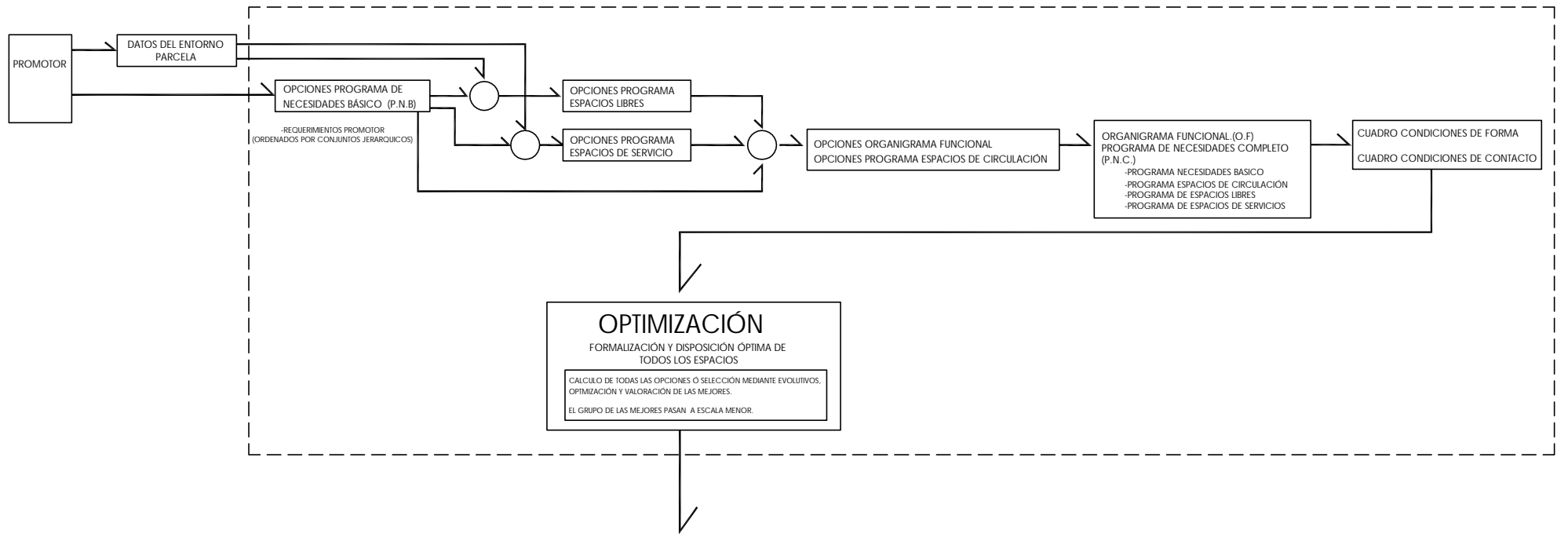
- Arvin, Scott A. and House, Donald H. *Modeling Architectural Design Objectives in Physically Based Space Planning.* Media and Design Process [ACADIA '99 / ISBN 1-880250-08-X] Salt Lake City 29-31 October 1999, pp. 212-225.
- Del Río - Cidoncha, M.; Iglesias, J.; Martínez-Palacios, J. *A multidisciplinary model for floorplan design.* International Journal of Production Research, 45(15):3457-3476. 2007.
- Doulgerakis, A. *Genetic and Embryology in Layout Planning.* London, UK. Masters Dissertation. University of London, 84 p. 2007.
- Duarte, J. *A Discursive Grammar for Customizing Mass Housing. The case of Siza's houses at Malagueira.* En: European Computer Aided Architectural Design and Education, 21, Graz, 2003. Proceedings... Graz, 2003, p. 665-674.
- Earl, E.F. *Enumerating architectural arrangements: comment on a recent paper by Baybars and Eastman.* Environment and Planning S. vol. 8, 1981. p. 115-118.
- Elezkurtaj, T.; Franck, G. *Genetic Algorithms in Support of Creative Architectural Design.* En: European Computer Aided Architectural Design and Education, 17, Liverpool, 1999.Proceedings... Liverpool, 1999, p. 645-651.

- Fogel LJ, Owens AJ, Walsh MJ. *Artificial Intelligence through Simulated Evolution*. John Wiley and Sons, Chichester, UK. 1966.
- Galle, Per. *A language of Abstract Floor Plans*. En Environment and Planning B: Planning and Design. EPB. London, UK. Pion Ltd., 1990.
- Galle P. *Abstraction as a tool of automated floorplan design*. Environment and Planning B: Planning and Design 13(1), 1986. pg. 21 – 46.
- Gero, John S., and Mary Lou Maher. *A Future Role of Knowledge-based Systems in the Design Process*. In CAAD Futures'87: International Conference Computer Aided Architectural Design. May, 81-86. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier, 1987.
- Goldberg, DE. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. First Edition. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Boston, MA, USA, 1989.
- González Cárceles, Juan A. *Economía de la Construcción*. Revista Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales, XLI (161-162) 2009.
- Gutiérrez Moya, Miguel et al. *Economía aplicada a la construcción: de la teoría al empresario emprendedor. Un caso práctico real*. Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas, Escuela Superior de Ingenieros. Sevilla, 1999.
- Heitor, T.V., J. P Duarte, y R. M Pinto. *Combining Grammars and Space Syntax: Formulating, Generating, and Evaluating Designs*, *International Journal of Architectural Computing* 2, n.º4. 2004 p. 491-516.
- Holland, JH. *Genetic algorithms and the optimal allocations of trials*. *Siam Journal on Computing – SIAMCOMP*. 1973, Vol.2-2. p.88-105. (DOI: 10.1137/0202009)
- Hsu, Y.C. *Constraint Based Space Planning: A Case Study*. 2000, *ACADIA Quarterly*, 19(3):2-3.
-
- Hsu, Y.C.; Krawczyk, R. *Form Development with Spatial Character*. En: *European Computer Aided Architectural Design and Education*, 18, Copenhagen, 2004. *Proceedings...* Copenhagen, 2004, p. 278-285.
- Jun, Aoki: *‘La flexibilidad de Kazuyo Sejima’*. *Pasajes de arquitectura y crítica* nº 29.
- Keatruangkamala, K.; Sinapiromsaram, K. 2005. *Optimizing Architectural Layout Via Mixed Integer Programming*. En: *CAAD FUTURES*, 11, Vienna, 2005. *Proceedings...* Viena, 2005, p. 175-184.
- *Knowledge based floor plan design by spacepartitioning: A logic programming approach*. En *AIE*, Vol. 6, Issue 4, October 1991, Pg. 162–185. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/09541810>.

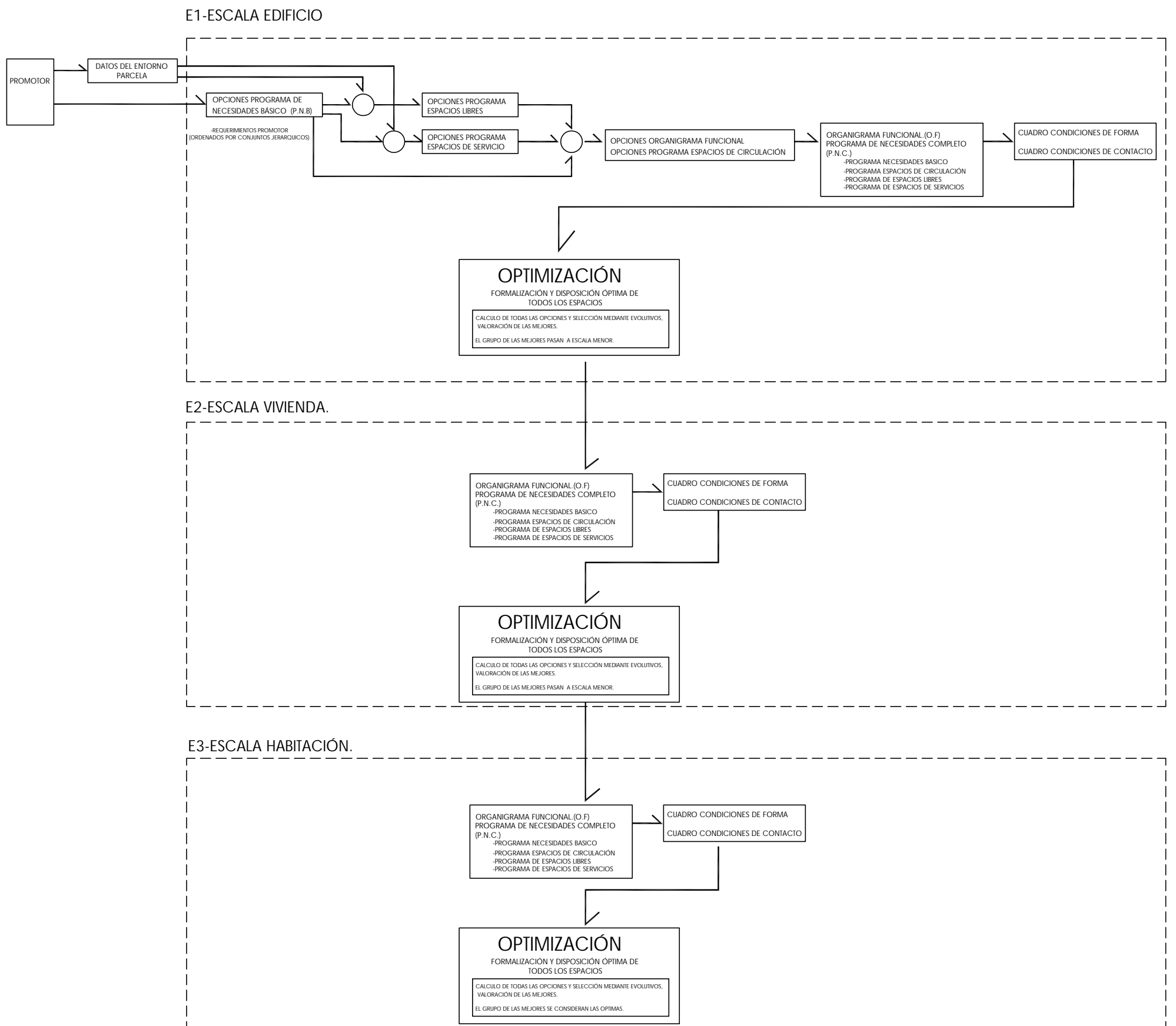
- Koning, H. y Eizenberg, J.. *The Language of the Prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie Houses*. Environment and Planning B: Planning and Design 8, n° 3. 1981, p. 295-323.
- Li, S.P.; Frazer, J.; Tang, M.X.. *A Constraint Based Generative System for Floor Layouts*. En: Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, 5, Singapore, 2000. Proceedings... Singapore, 2005, p. 441-450.
- Lobos, D. y Donath, D., *The problem of space layout in architecture: A survey and reflections*, *Arq. Arquitectura Revista* 6, n.º 2, 2010, pg. 136-61.
- Lobos, Danny, Donath, Dirk. *Top down and bottom up. Using BIM to merge these two design strategies*. Congreso SiGraDI. Grafica Digital, Integración y desarrollo. La Habana. Diciembre 2008.
- Loemker, T. *Designing with Machines: solving architectural layout planning problems by the use of a constraint programming language and scheduling algorithms*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE ARAB SOCIETY FOR COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN, Sharjah, 2006. *Proceedings...* Sharjah, 2006, p. 88-106.
- Medjdoub, B.; Yannou, B. 2001. *Dynamic space ordering at a topological level in space planning*. Artificial Intelligence in Engineering, 15:47-60.
- Michalek, J.; Choudhary, R.; Papalambros, P. *Architectural Layout Design Optimization*. Engineering Optimization, 34:461-484. 2002.
- Nilkaew, P. *Assistant Tool for Architectural Layout Design by Genetic Algorithm*. In: Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, 11, Kumamoto, 2006. *Proceedings...* Kumamoto, 2006, p. 641-643.
- Rechenberg, I. *Evolutionsstrategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution*. Frommann-Holzboog. Verlag.1973.
- Salingaros, Nikos. *La estructura de los Lenguajes de Patrones*. Cuadernos de Arquitectura y Nuevo Urbanismo (5) 2008. pg. 35-49.
- Schwefel, HP. *Numerische Optimierung von Computer-Modellen mittels der Evolutionsstrategie*. Interdisciplinary systems resBirkhaeuser , 1977.
- Scott A. Arvin, Donald H. House. *Making Designs Come Alive: Using Physically Based Modeling Techniques in Space Layout Planning*, 1999.
<http://cumincad.architexturez.net/doc/oai-cumincadworks.id-d423>
- Stiny, G y Mitchell, W.J.. *The Palladian grammar*. Environment and Planning B; Planning and Design 5, no 1, 1978. p. 5-18.

- Sutherland, Ivan Edward. *Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System*. Lexington, Mass. Massachusetts Institute of Technology, Lincoln Laboratory, 1965. Extraído de: <http://dl.acm.org.bibproxy.ulpgc.es/citation.cfm?id=62943>
- Yehuda E. Kalay. *Redefining the role of computers in architecture: from drafting/modelling tools to knowledge-based design assistants*. *Computer-Aided Design*. Volume 17, Issue 7, Septiembre, 1985, P. 319–328.

ESQUEMA SÍNTESIS DE OBTENCIÓN DE DATOS, GENERACIÓN DE OPCIONES, CREACIÓN DE CUADROS, DISTRIBUCIÓN Y OPTIMIZACIÓN.

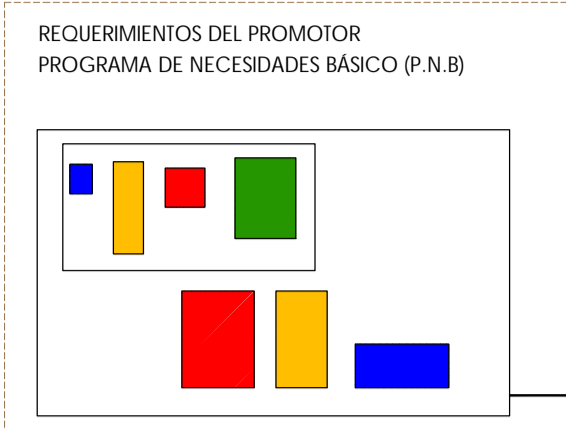
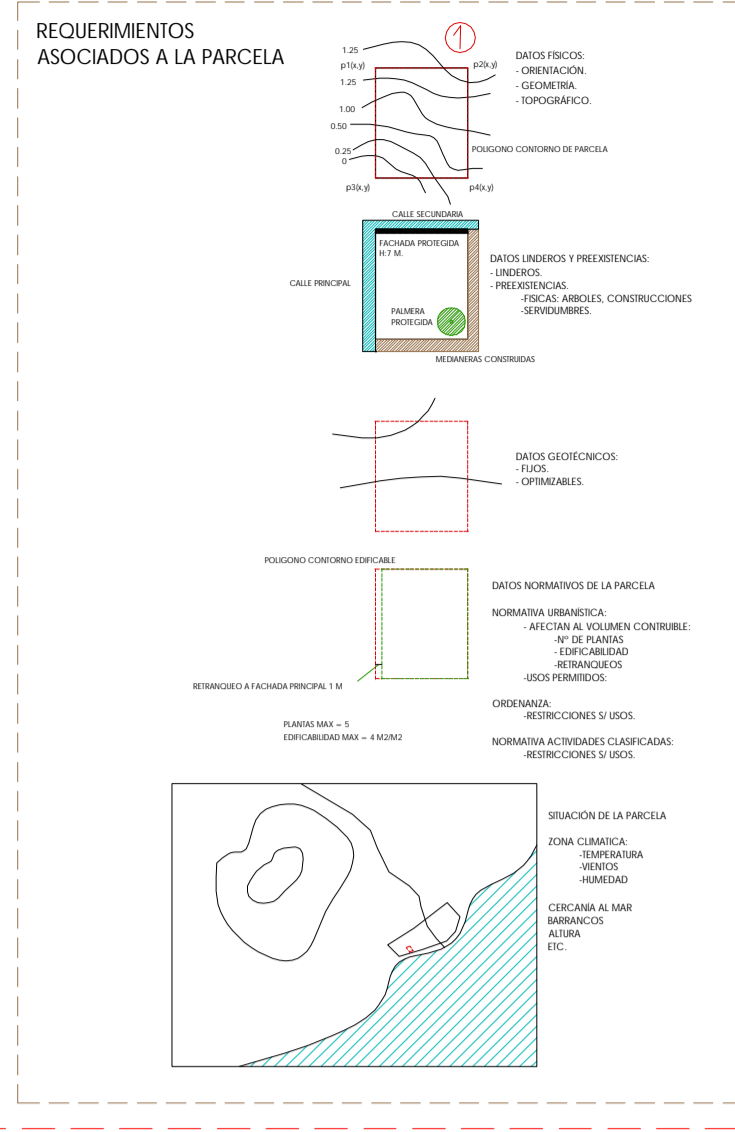


ESQUEMA POR ESCALAS (E1 + E2 + E3) OBTENCIÓN DE DATOS, GENERACIÓN DE OPCIONES, CREACIÓN DE CUADROS, DISTRIBUCIÓN Y OPTIMIZACIÓN.

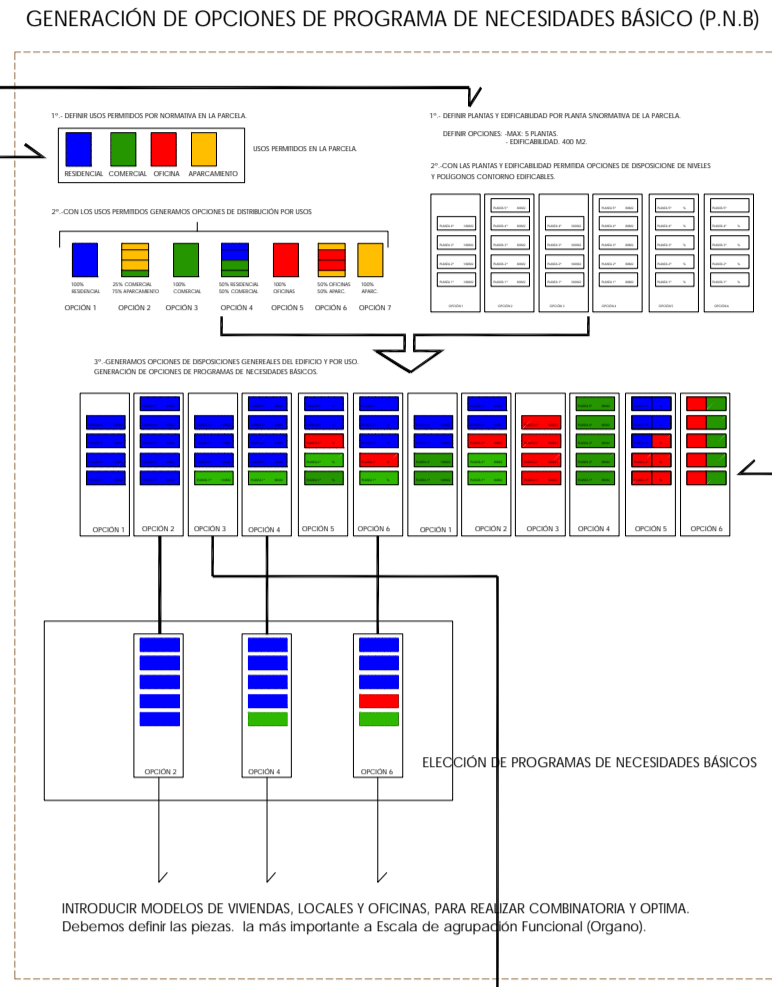


A.- MODELADO DE CONJUNTOS DE DATOS. GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE OPCIONES DE CONJUNTOS DE DATOS

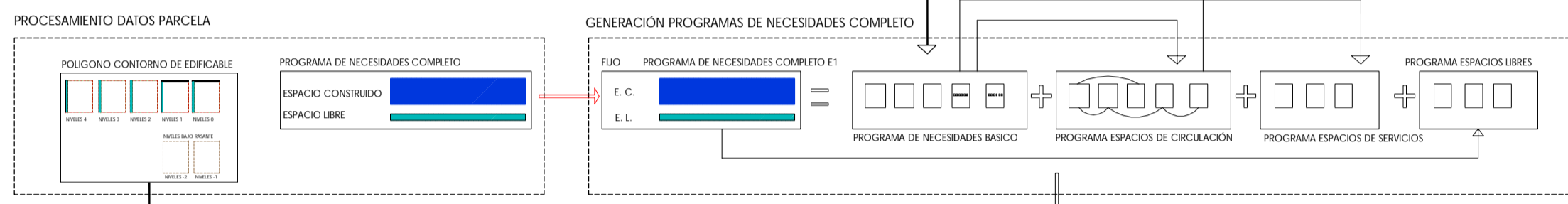
DATOS INICIALES



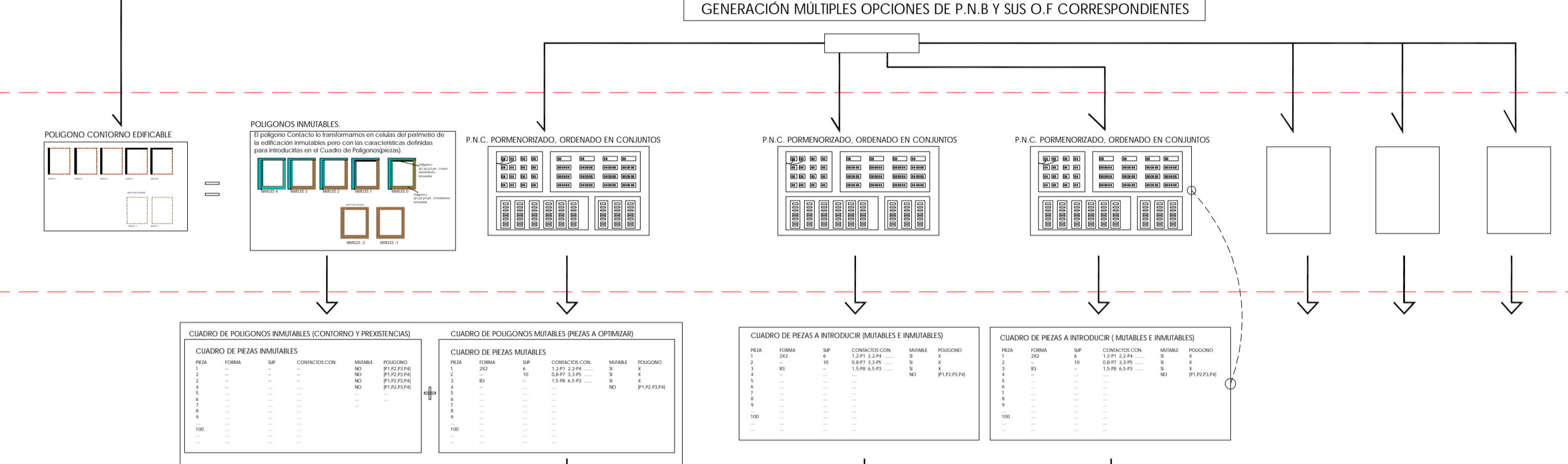
GENERACIÓN OPCIONES PROGRAMA DE NECESIDADES BÁSICO



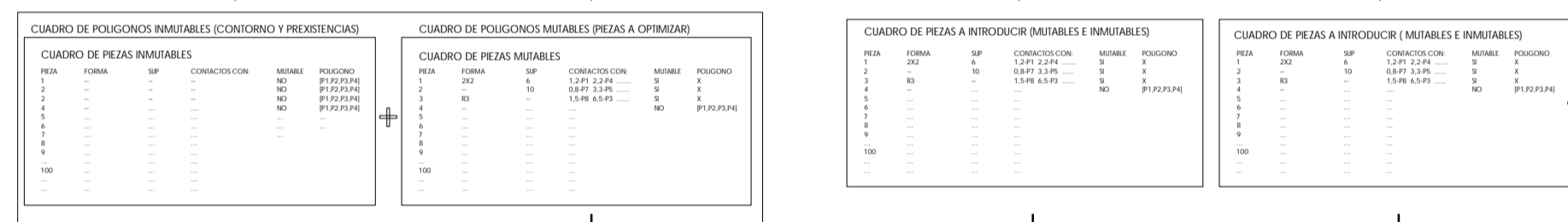
GENERACIÓN OPCIONES PROGRAMA DE NECESIDADES COMPLETO



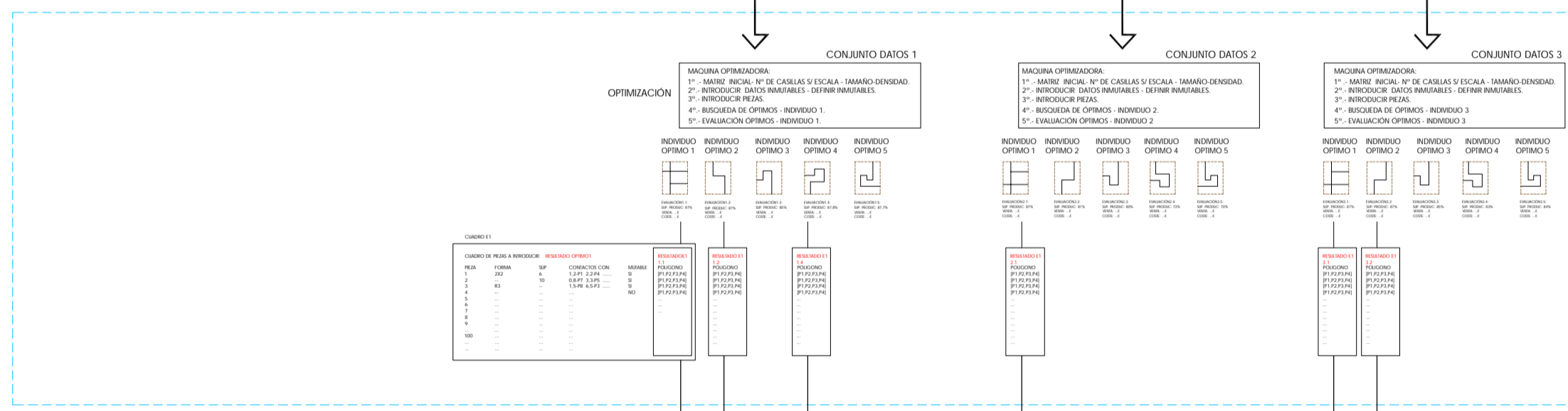
CONJUNTOS DE DATOS



LENGUAJE MATEMÁTICO CUADROS DE DATOS



-OPTIMIZACIÓN E1
-EVALUACIÓN E1
-CUADRO E1



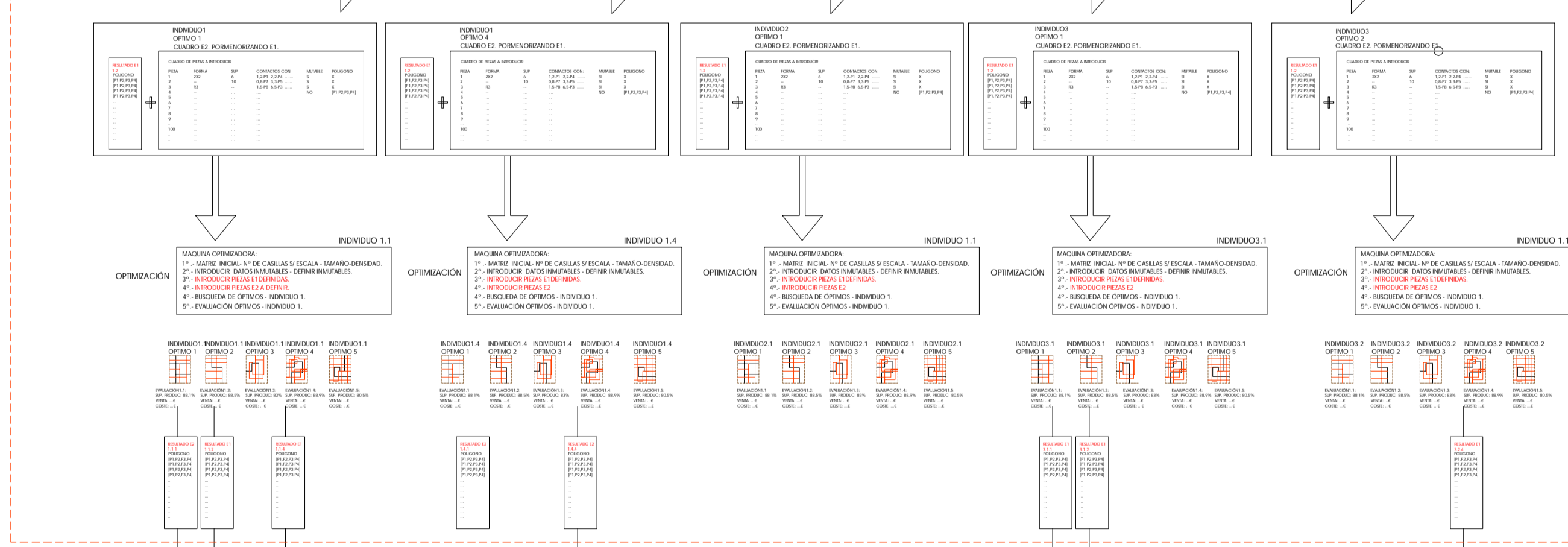
SELECCIONADOS DE OPTIMIZACIÓN - E1



B.- BUSQUEDA DE INDIVIDUO ÓPTIMO

BUSQUEDA PLANTA OPTIMA

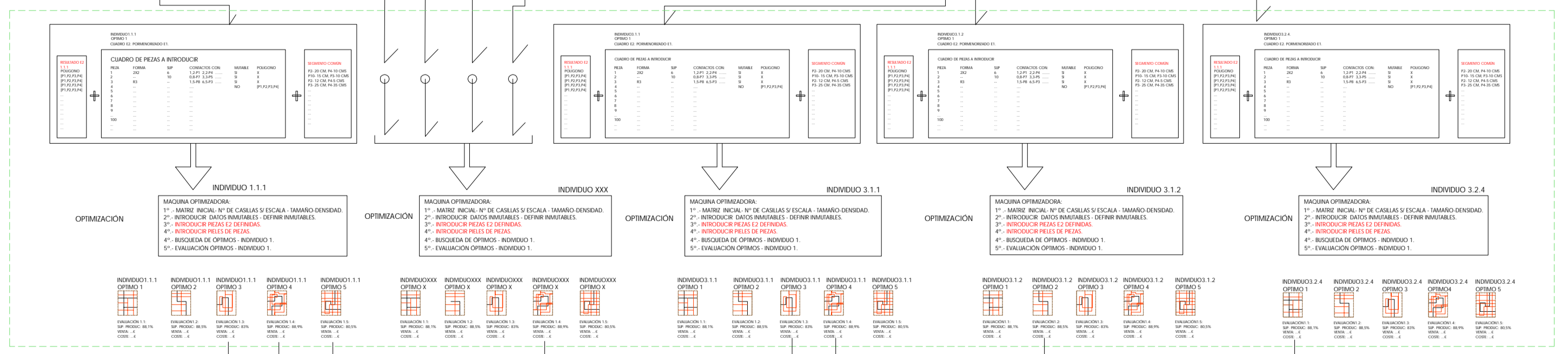
-OPTIMIZACIÓN E2
-EVALUACIÓN E2
-CUADRO E2



SELECCIONADOS DE OPTIMIZACIÓN - E2



-OPTIMIZACIÓN E3
-EVALUACIÓN E3
-CUADRO E3



SELECCIONADOS DE OPTIMIZACIÓN - E3 SOLUCIONES OPTIMAS

