

Arquitectura Modular

Mariela Roldán Castro



Instituto Tecnológico de Costa Rica
Centro Académico de San José
Escuela de Arquitectura y Urbanismo

Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura

Noviembre 2010
San José, Costa Rica

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| Índice de Imágenes..... | 5 |
| 1. Problema | 7 |
| Justificación de la Investigación | 7 |
| Alcances y Delimitación de la Investigación | 8 |
| 2. Objetivos..... | 9 |
| Objetivo General..... | 9 |
| Objetivos Específicos | 9 |
| 3. Situación Actual: Coordinación Modular | 10 |
| Historia..... | 10 |
| Coordinación modular | 12 |
| VENTAJAS DE LA COORDINACIÓN MODULAR..... | 12 |
| BASES DE LA COORDINACIÓN MODULAR | 13 |
| CONCEPTOS BÁSICOS:..... | 13 |
| ESTRATEGIAS de DISEÑO en PLANTA..... | 15 |
| SISTEMA DE REFERENCIA | 18 |
| FICHAS TÉCNICAS EXISTENTES..... | 20 |
| NORMAS INTE PARA LA COORDINACIÓN MODULAR. | 26 |
| Materiales, Construcción y Sistema de Construcción..... | 27 |
| MAMPOSTERÍA | 27 |
| Residuo de construcción | 29 |
| DE LA CUNA A LA TUMBA..... | 29 |
| Estado de la Cuestión | 31 |
| 4. Análisis: Prototipos Originales..... | 34 |
| Tipologías de vivienda utilizadas | 34 |

- Casa 1.....35
- Casa 2.....41
- Casa 3.....45
- Casa 4.....49
- Comparación en la distribución de áreas54
- 5. Propuesta: Prototipos Optimizados55
 - Casa 1 optimizada55
 - Casa 2 optimizada61
 - Casa 3 optimizada65
 - Casa 4 optimizada69
 - Comparación en la distribución de áreas73
 - Implementación del Código Sísmico de Costa Rica74
- 6. Ventanería y Puertas.....76
 - Tabulación76
 - Empresa A76
 - Empresa B78
 - Empresa C79
 - Empresa D80
 - Síntesis de ventanas y puertas existentes.....81
 - Propuesta inicial de estandarización de tamaños de ventanas.....84
 - Propuesta de estandarización de tamaños de puertas85
- 7. Propuesta de Diseño Optimizado86
 - Descripción del diseño propuesto por el autor.....86
 - Planos Arquitectónicos87
 - Prototipo 5.1.....87

- Prototipo 5.2.....89
- Prototipo 5.3.....91
- Cortes Prototipo 5.....93
- Propuesta de ventanería para Prototipo 5.....94
- Comparación en la distribución de áreas95
- Implementación del Código Sísmico de Costa Rica 2002.....95
- Vistas externas e interna del Prototipo 5.....96
 - Perspectivas Principales96
 - Conjunto de Viviendas y Vista Interna de la Vivienda97
 - Perspectivas Posteriores.....98
 - Vistas Laterales.....99
- 8. Conclusiones 100
- 9. Apéndice 103
- 10. BIBLIOGRAFÍA..... 104

Índice de Imágenes

| | |
|--|----|
| Imagen 1 Diseño a bordes (Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010) | 15 |
| Imagen 2 Diseño a Centros (Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010)..... | 16 |
| Imagen 3 Diseño por Zonas Neutrales (Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010) | 17 |
| Imagen 4 Sistema Espacial de Referencia (INTE/ISO 2848, 2007)..... | 18 |
| Imagen 5 Ejemplo de una retícula de espacio modular (INTE/ISO 2848, 2007) | 18 |
| Imagen 6 Ejemplo de retículas modulares superpuestas (INTE/ISO 2848, 2007)..... | 19 |
| Imagen 7 Zonas de interrupción de retículas modulares (INTE/ISO 2848, 2007)..... | 20 |
| Imagen 8 Bloques 15x20x30 (INTE 06-05-01-08, 2007) | 21 |
| Imagen 9 Bloques Modulares Integra (INTE 06-05-01-08, 2007) | 21 |
| Imagen 10 Bloques PATARRÁ (INTE 06-05-01-08, 2007)..... | 22 |
| Imagen 11 Sistemas Constructivos COVINTEC (INTE 06-05-01-08, 2007)..... | 22 |
| Imagen 12 Habicon (INTE 06-05-01-08, 2007) | 23 |
| Imagen 13 Paneles Verticales de Concreto (INTE 06-05-01-08, 2007) | 23 |
| Imagen 14 Muro Seco (Productos Laminares en general) (INTE 06-05-01-08, 2007) | 24 |
| Imagen 15 Panacor (INTE 06-05-01-08, 2007)..... | 24 |
| Imagen 16 Superbloque (INTE 06-05-01-08, 2007) | 25 |
| Imagen 17 Prefa (INTE 06-05-01-08, 2007) | 25 |
| Imagen 18 Ilustración de dimensiones de puertas utilizadas por la Empresa A | 76 |
| Imagen 19 Ilustración de las dimensiones de ventanas utilizadas por la Empresa A en cada tipología de vivienda en contra posición a las medidas modulares recomendadas | 77 |

Imagen 20 Ilustración de las dimensiones de puertas utilizadas en Empresa B78

Imagen 21 Ilustración de las dimensiones de ventanas utilizadas en Empresa B.....78

Imagen 22 Ilustración de las dimensiones de puertas utilizadas en Empresa C79

Imagen 23 Ilustración de las dimensiones de ventanas utilizadas en Empresa C.....79

Imagen 24 Ilustración de las dimensiones de puertas utilizadas en Empresa D.....80

Imagen 25 Ilustración de las dimensiones de ventanas utilizadas en Empresa D80

Imagen 26 Agrupación de tamaños de ventanas de las diferentes empresas81

Imagen 27 Agrupación de tamaños de ventanas de la Empresa A.....81

Imagen 28 Ilustración de puertas utilizadas por todas las empresas.....81

Imagen 29 Ilustración de dimensiones de puertas “naturales” al TECNOBLOCK85

Imagen 30 Tamaños modulares para puertas propuestas por la Coordinación Modular (INTE 06-05-02-08, 2007)85

1. Problema

Cada año se desperdician toneladas de materiales de construcción provocando una gran contaminación ambiental además de un gasto económico innecesario, reduciendo así la rentabilidad de los proyectos por su incremento de costos. (Pujol, 1995)

A grandes rasgos las causas de este problema son el poco conocimiento técnico y profesional en la construcción, la falta de iniciativa tanto del gobierno como de los profesionales en implementar desde el diseño sistemas de construcción de geometrías controladas que minimicen el desperdicio y por lo tanto reduzcan los costos de construcción. Además de que el gobierno no toma las medidas necesarias para informar a los ciudadanos lo grave del problema.

Algunos orígenes más inmediatos del residuo y mal manejo de los materiales de construcción son que las cantidades necesarias de material no se calculan con programas de software especializados, además de la falta de implementación de sistemas modulares, y que en general el conocimiento sobre el impacto económico y ambiental es muy reducido.

Investigaciones realizadas por el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO) señala que este desperdicio se debe al manejo inadecuado y a la mala manipulación de los materiales que hacen los constructores, así como a la falta de modulación de los espacios y la mala administración de las obras.

Además el CIVCO menciona que *“a la hora en la que se realiza una construcción la cantidad de materiales que se utilizan son muchos y los desechos son exorbitantes, pero el problema es en sí donde terminan esos desechos, que son lugares del paisaje nacional como ríos, playas y lotes baldíos.”* En el país, se desechan alrededor de 600 mil toneladas al año. Por ejemplo solo en bloques se botan 700 mil dólares al año. Esto evidencia el grave problema que el país está sufriendo debido a la contaminación por desechos de materiales de construcción. (Salazar, 2007)

Justificación de la Investigación

Debido a la crisis económica mundial que ha producido una serie de cambios en el funcionamiento económico de los países y ha provocado entre muchas otras cosas la caída del sector inmobiliario. Como lo menciona (Romero, 2008) *“La caída del sector inmobiliario está afectando la economía en general. Se estima que el sector construcción, que representa un 15% del PIB de Estados Unidos, reducirá su actividad en un 50% con una pérdida de empleos de entre 1 y 2 millones.”*

Lo anterior es citado desde el punto de vista internacional, pero analizándolo más de cerca, en Costa Rica la situación no es muy diferente, (Kcuno, 2009) menciona que *“En el caso de Costa Rica, el impacto de la crisis económica está afectando el turismo, las exportaciones, la construcción, el empleo y la parte financiera del gobierno...”*

Uniendo esta situación económica con el desperdicio de materiales de construcción y como éste aumenta los costos de las construcciones, afecta la salud pública e influye en el cambio climático; se propone implementar sistemas de construcción modulares que permitan la reducción de costos y la minimización del desperdicio.

La Coordinación Modular, además, es necesaria pues el sector de la construcción va aumentando su nivel de industrialización, en muchas ocasiones es cada vez mayor el porcentaje del edificio que se construye a base de componentes hechos en fábricas y llevados al sitio para su colocación o ensamblaje. En consecuencia, el control y la exactitud dimensional de los productos y componentes para la construcción se vuelve esencial a fin de garantizar su acomodo adecuado en el levantamiento de la construcción. (Rodríguez M. , 1994)

Asimismo, la industria de la construcción juega un papel de gran importancia en la economía de los pueblos pues está directamente relacionada con su desarrollo y crecimiento. Sin embargo, esta misma actividad se constituye en un riesgo para el ambiente puesto que exige un gran consumo de recursos naturales y a la vez se producen grandes volúmenes de desechos. (Leandro, 2008)

Siendo Costa Rica un país que se encuentra con graves problemas de contaminación, es necesario crear estrategias para la reducción de desechos. En este caso específico serían los materiales de desecho de las construcciones. Esto lo demuestran los estudios nacionales realizados por el CIVCO y la empresa privada, los cuales revelan las grandes cantidades de material que desechan los proyectos. Cada día se vuelve más importante proteger el paisaje, conservar el ambiente, utilizar racionalmente los recursos de la construcción y realizar una gestión adecuada en el manejo de los mismos.

Alcances y Delimitación de la Investigación

El trabajo procura contribuir con los esfuerzos de normalización dimensional y posicional que propone la Coordinación Modular para el país. Se trabajará con una empresa nacional que se dedica a la construcción de residenciales con viviendas en serie. La compañía cuenta con un proyecto habitacional en el cual se desarrollan cuatro tipologías de vivienda para clase media, a media alta. Éstas están ubicadas en la zona del área metropolitana para facilitar la accesibilidad del investigador. De aquí en adelante se llamará a esta compañía Empresa A

Originalmente se pretendía convertir a modular las distintas tipologías de vivienda utilizadas por dicha empresa en todos sus componentes: como son las paredes, puertas, y ventanas, siempre y cuando el diseño y los sistemas de construcción lo permitieran. Debido a que los prototipos desarrollados por la Empresa A se recibieron con paredes ya modulares, en este estudio se hizo corrección a la estandarización posicional y dimensional de puertas y ventanas; se implementó el Método Simplificado del Código Sísmico de Costa Rica o CSCR- 2002 en dichas viviendas y el diseño de un prototipo habitacional completamente nuevo.

2. Objetivos

Objetivo General

Aplicar los principios de la Coordinación Modular para optimizar cuatro prototipos de vivienda ya modular en sus paredes, con la idea de estandarizar los tamaños de los distintos componentes y minimizar el desperdicio de los materiales utilizados de acuerdo a la mampostería integral pues es el sistema de construcción utilizado.

Objetivos Específicos

1. Documentar la situación actual de la aplicación de la Coordinación Modular en el país.
2. Analizar los 4 prototipos de vivienda originales de la Empresa A para identificar sus posibilidades de mejoras.
3. Optimizar la geometría arquitectónica de los 4 prototipos, implementando la Coordinación Modular (cotas, ejes, cuadrícula, etc.), aplicando el Método Simplificado del Código Sísmico 2002 y reduciendo desperdicios en todos sus componentes.
4. Comparar los diseños originales y los propuestos en términos de espacios útiles, espacios de circulación y tipología de ventanas y puertas.
5. Establecer los estándares de ventanas modulares más cercanas a las dimensiones utilizadas por las cuatro empresas estudiadas
6. Proponer un nuevo prototipo de vivienda Modular a la Empresa A optimizando los espacios, utilizando los estándares de ventanas y puertas modulares, e implementando el Método Simplificado del CSCR-2002.

3. Situación Actual: Coordinación Modular

Historia

El concepto de módulo nace desde la época greco-romana clásica, en donde se dio la incorporación de módulos como medio de composición y de coordinación estética en los edificios. Los griegos fueron los primeros en utilizar este concepto, pues diseñaron algunos de sus templos utilizando el módulo de $A = 4$ pies atenienses; un ejemplo de esto es el Partenón.

En el renacimiento surge nuevamente la utilización del módulo, como consecuencia de la observación y estudio del cuerpo humano; en esta época artistas y arquitectos como Vitrubio, Luca Pacioli, Durero, Vignola, Dalorme, Palladio, Bramante y Leonardo da Vinci, definen sistemas que regirán los diseños por varios siglos posteriores.

En la arquitectura moderna, el concepto de Coordinación Modular comienza a ser introducido. En el año 1925 se publica, por primera vez en los Estados Unidos, la idea de fabricar todos los productos empleados en la construcción de edificios con dimensiones escogidas previamente, y éstas a su vez fueran múltiplo de un determinado número de centímetros o pulgadas.

En el año 1936 es cuando este concepto comienza a ser aceptado por medio de Albert Farwell Bernis. El explica la teoría del módulo de 4 pulgadas por medio de su libro "RATIONAL DESIGN" y la necesidad de una total coordinación dimensional para la construcción de edificios basada en el uso de componentes. Las dimensiones de estos componentes deberían de ser múltiplos de la unidad básica; y es a partir de este momento cuando muchos manufactureros de elementos o materiales comienzan a adoptar dicho módulo.

Durante la Segunda Guerra Mundial, se desarrolló en Europa un extenso trabajo de Coordinación Modular, especialmente en Alemania cuando el investigador Ernest Neufert basó su sistema modular en el octámetro, con un valor de módulo básico de 1250 mm.

El módulo en su versión actual se hace más evidente después de 1946 en la reconstrucción Europea. Los países europeos empiezan a interesarse en optimizar los recursos y normalizar el uso de los distintos componentes de la construcción con el fin de abaratarlos, y de esta forma satisfacer la demanda gigantesca de viviendas creada por la destrucción de la guerra. Aquí es donde Jean Pierre Paquet propone el modulo de 10 centímetros, aproximándolo al de 4 pulgadas propuesto por Bernis en 1936.

En 1953, la Agencia Europea de la Productividad (EPA) y la Organización para la Cooperación Económica Europea (OEEC), presentaron la Coordinación Modular como un medio eficaz para simplificar las tecnologías mediante el proyecto EPA 174. Con este proyecto se creó la teoría general de la Coordinación Modular y en la convención en Munich de 1955 se adoptó el módulo base (M) = 100 mm como denominador común para correlacionar las dimensiones de todos los elementos implicados en la arquitectura y construcción.

En 1959, los países de Europa Oriental empiezan a colaborar en el desarrollo del proyecto EPA 174. Esto debido al establecimiento de un grupo de estudio que funciona dentro del "Contexto del Consejo para la Ayuda Económica Mutua" (CMA). Del esfuerzo de estos dos grupos surgen las primeras indicaciones enviadas a la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), el cual estableció un subcomité para la estandarización de los componentes de edificios. El "Grupo Modular Internacional" (IMG) se estableció en el año 1960 con la participación de los integrantes del proyecto EPA 174 y el CMA, hecho de gran importancia decisiva para concertar la acción de la Coordinación Modular aún más. Actualmente, el IMG con cientos de miembros alrededor del mundo continúa realizando su trabajo.

El concepto de Coordinación Modular en Costa Rica se empieza a implementar en el campo de la construcción en los años 1990 y 1991 por medio de un grupo de profesionales liderado por el Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO) del Departamento de Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Este grupo reunía representantes de fabricantes, constructores, desarrolladores de vivienda, académicos y expertos daneses. (Santana, 2007)

Al principio, el CIVCO contó con el financiamiento de La Agencia Danesa de Cooperación Internacional (DANIDA) y con la asistencia técnica del Instituto Danés de Investigaciones de la Construcción (SBI); donde se capacitó a un funcionario del CIVCO en la teoría y práctica de la Coordinación Modular. Para ello enviaron a un experto danés en Coordinación Modular, el Ing. Munch- Petersen, quien después de realizar una investigación en la mampostería tipo Patarrá, determinó que para solucionar los inconvenientes ocasionados por la incompatibilidad de medidas de este elemento y para normalizar las medidas de las aberturas de puertas y ventanas era necesario contar con cinco piezas. (Rodríguez, 2007)

Esto impulsó al Centro de Investigación en Vivienda y Construcción, por medio del asesoramiento del Ing. Munch- Petersen, a publicar un folleto que recoge los resultados del estudio experimental realizado en el país. En el cual se presentan seis nuevos tamaños de bloques modulares con el fin de que los fabricantes de bloques, a corto plazo, inicien la producción de alguno o todos los nuevos bloques diseñados. *“A parte de la disminución de desperdicios, se pretende a través de la normalización de la construcción el poder hacer uso de elementos prefabricados de puertas y ventanas de mejor calidad, cuya producción en masa pueda permitir el abaratamiento de sus costos. Todo esto fomenta cambiar la construcción de un sistema artesanal a un sistema de ensamblaje industrializado”.* (Rodríguez M. , 1994)

El CIVCO desarrolló una familia de bloques modulares, actualmente conocida como TEKNOBLOCK, con tres piezas cuyas medidas son de (150x200x450) mm, (150x200x300) mm, (150x200x150) mm y cuya característica principal es que son intercambiables entre sí. De esta manera, permite la construcción de paredes sin sobrantes o cortes de bloques en las uniones o intersecciones. Este producto es industrializado por la Empresa Productos de Concreto S.A., Concrepal y Concreto Industrial entre otros y debido a su éxito y la aceptación que ha tenido comercialmente, otras empresas se han introducido en la fabricación de otros bloques modulares.

Con la introducción del TEKNOBLOCK, se abrió en Costa Rica una nueva generación de productos que minimizan el desperdicio y optimizan las características geométricas, estructurales, estéticas, económicas y constructivas en el uso de la mampostería reforzada.

Todo lo anterior, en conjunto con nuevos sistemas constructivos modulares que han sido importados en nuestro país, han hecho que la necesidad de algunos constructores y desarrolladores de implementar la Coordinación Modular en el sector de la construcción nacional crezca cada vez más. Esto significa que hoy en día en el país se hace construcción modular en algunos sectores, pero ésta no ha sido generalizada debido a la falta de cultura en el sector de la construcción sobre este tema. (Santana, 2007)

Coordinación modular

“La Coordinación Modular es un sistema de referencias geométricas que permiten la normalización dimensional y posicional de todos los productos, componentes y elementos que conforman las edificaciones. Esta es aplicable a todos los sistemas de construcción, pues su objetivo es la unificación geométrica de todos o la mayoría de ellos.” (Rodríguez M. , 2005)

Esta coordinación se logra haciendo que las medidas de los elementos, y componentes de todo el edificio, sean múltiplos de una unidad dimensional llamada el modulo básico. Este módulo básico debe ser lo suficientemente pequeño para tener la flexibilidad necesaria para diseñar diferentes edificios con distintos usos. Pero también debe ser lo suficientemente grande para promover la simplificación de dimensiones de los componentes. El módulo básico mide 100 mm y se representa con la letra M mayúscula. (Villavicencio, 1988)

VENTAJAS DE LA COORDINACIÓN MODULAR

El objeto principal de la coordinación modular es asistir a la industria de la construcción y a las industrias asociadas, mediante la normalización de tal forma que los componentes encajen entre sí con otros componentes y ensambles en sitio, mejorando así la economía de la construcción. Tomado de la Norma INTE/ISO 2848:2007¹

La coordinación modular entonces:

- a) facilita la cooperación entre los diseñadores de edificaciones, fabricantes, distribuidores, contratistas y autoridades;
- b) permite, que en el trabajo de diseño las edificaciones sean dimensionadas de modo que puedan levantarse con componentes normalizados.
- c) permite un tipo flexible de normalización, que incentiva el uso de un número limitado de componentes de edificaciones normalizadas para la construcción de diferentes tipos de obras;
- d) optimiza el número de tamaños normalizados de componentes de edificaciones;
- e) facilita tanto como sea posible la intercambiabilidad de componentes, cualquiera que sea el material, forma o método de fabricación;
- f) simplifica las operaciones en campo racionalizando el traslado, la ubicación y el ensamblaje de los componentes de la edificación;
- g) asegura la coordinación dimensional entre instalaciones (equipos, unidades de almacenamiento, otros muebles empotrados, etc), así como con el resto de la edificación (INTE/ISO 2848, 2007)

Además se pueden mencionar otras ventajas como: mejorar la calidad, reducir el tiempo y costo de las construcciones y al mismo tiempo contribuir con la conservación del medio ambiente al reducir los desperdicios de las construcciones.

¹ Ver página 26

BASES DE LA COORDINACIÓN MODULAR

La coordinación modular está esencialmente basada en:

- a) el módulo básico;
- b) multimódulos normalizados;
- c) un sistema de referencia para definir los espacios coordinados y las zonas para los elementos de la edificación y para los componentes que los forman;
- d) reglas para localizar elementos de edificación dentro del sistema de referencia;
- e) reglas para dimensionar los componentes de edificación con el objetivo de determinar las dimensiones de trabajo;
- f) reglas para definir las dimensiones preferidas para los componentes de construcción y coordinar dimensiones para edificaciones.

(INTE/ISO 2848, 2007)

CONCEPTOS BÁSICOS:

Módulo básico

El módulo básico es la unidad fundamental de medida en la coordinación modular.

Multimódulos

El módulo base puede ser también una unidad que resulte demasiado pequeña para lograr la simplificación y la reducción de variantes deseada. Esto ocurre particularmente con los grandes componentes constructivos tales como los entresijos y muros dentro de la estructura, por lo que se han introducido los “multimódulos”. Estos son múltiplos del módulo básico M (100 mm) y se representan como 2M, 3M, 4M, 6M o según sea necesario.

Los multimódulos están normalizados y todos son múltiplos del módulo básico. Los diferentes multimódulos se ajustarán a aplicaciones particulares. Sin embargo, si la coordinación modular se tiene que lograr, los valores de multimódulos no deben ser seleccionados arbitrariamente y solo se deben utilizar multimódulos normalizados.

Submódulos o submúltiplos:

Algunas veces el módulo básico resulta ser una dimensión “demasiado grande” para aplicarse a elementos como espesores de muros, ubicación de tuberías y sus diámetros; teniendo que adoptarse subdivisiones modulares para estas dimensiones. Se procura que sean subdivisiones enteras de M, como el resultante de dividir el módulo base entre 2, 4, ó 5. Por ejemplo: $M/2 = 50$ mm, $M/4 = 25$ mm, $M/5 = 20$ mm.

(INTE/ISO 2848, 2007)

Aplicaciones

1. Los incrementos sub-modulares serán utilizados cuando se requiera hacer incrementos dimensionales menores que el módulo básico.
2. Los incrementos sub-modulares no deberán ser usados para determinar distancias entre líneas o planos modulares de la cuadrícula tridimensional.
3. Los incrementos sub-modulares podrán ser usados para determinar el desfase de diferentes cuadrículas modulares, a efectos de producir una solución apropiada dentro de un proyecto como un todo.
4. Los incrementos sub-modulares se podrán usar para:
 - determinar los tamaños modulares de productos para la edificación, cuyas dimensiones sean menores que la del módulo básico 1 M, tales como baldosas de cerámica.
 - determinar los tamaños modulares de productos y componentes para las edificaciones, cuyas dimensiones sean mayores que la del módulo básico 1 M, que requieran ser dimensionadas en incrementos menores al módulo básico 1 M (por ejemplo bloques de concreto, ladrillos, espesores de paredes y de pisos, dimensiones y ubicación de tuberías). (INTE/ISO 6514, 2007)

Implementación

La Coordinación Modular proporciona a los involucrados en una obra o proyecto determinado, un mecanismo para simplificar la toma de decisiones relacionadas con las posiciones y las dimensiones de los componentes en la construcción. Esto se logra separando las diferentes decisiones y poniéndolas sobre una base de orden que les permita a los diferentes participantes tomar mayor cantidad de decisiones importantes de una manera independiente, pero en forma sincrónica o paralela. También permite que las decisiones sean tomadas en el momento y lugar oportunos. Esto solo se hace posible permitiendo:

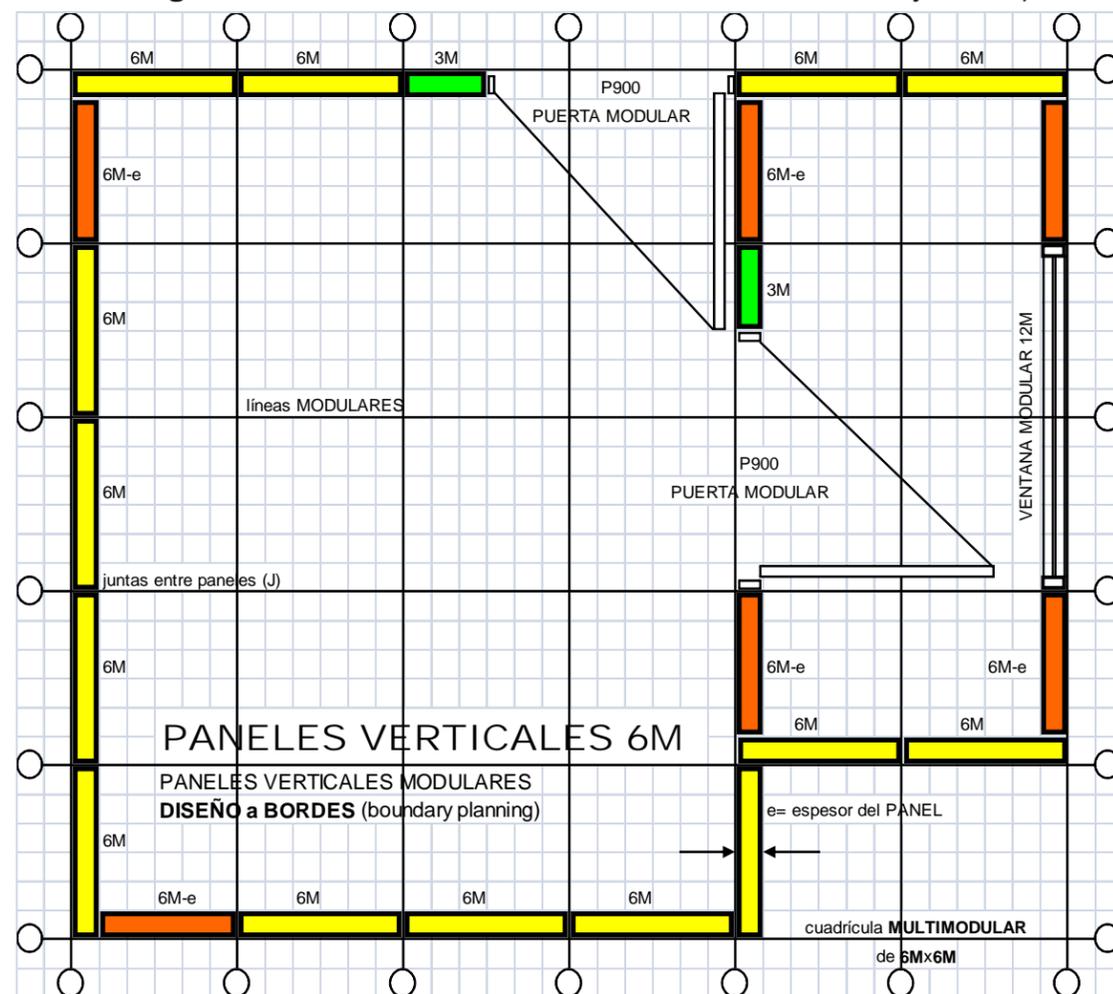
1. Que el **Fabricante** decida acerca del tamaño y forma de su producto, sin conocer necesariamente en cuál proyecto específico será utilizado. De esta manera, y bajo una base racional, podrá limitar la cantidad de componentes diferentes para permitir una mayor eficiencia y productividad del proceso de fabricación, con una razonable inversión en la planta de producción.
2. Que el **Desarrollador** o **Diseñador** tome decisiones desde los niveles más generales (conjunto) a los más particulares (detalles). Se le debe garantizar que aún dentro del diseño de conjunto, las opciones para la solución de los detalles muy específicos se mantienen abiertas, a fin de evitar las reacciones en cadena cuando pequeños detalles son cambiados posteriormente.
3. Que el **Contratista** o **constructor** adquiera productos (puertas o ventanas, por ejemplo) con la garantía que podrán usarse geoméricamente dentro de cualquier sistema de construcción, tal y como se había previsto dimensionalmente. Esto le permitirá cambiar de fabricante, de ser necesario, sin causar efectos negativos.
4. Que el **Usuario final** pueda escoger dentro de una gama de alternativas diferentes en una etapa avanza de la construcción, sin ocasionar modificaciones al diseño original, las cuales podrían volverse negativas para el avance normal de cualquier proyecto.
5. Que el **Gobierno** tenga regulaciones para la construcción relativas al posicionamiento y a las dimensiones de los espacios, productos o componentes para la construcción, para evitar decisiones controversiales en caso de presentarse conflictos.
6. Que todos los **participantes del sector construcción**, en general, puedan evitar problemas innecesarios durante el proceso de toma de decisiones o que, al menos, dichos problemas puedan volverse predecibles. (Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010)

ESTRATEGIAS de DISEÑO en PLANTA

Diseño a Bordes

En el diseño a bordes, la idea es hacer que las paredes “toquen” las cuadrículas en una de sus caras, como vemos en la Imagen 1 de Paneles Verticales 6M. Este dibujo representa un sistema de construcción a base de paneles verticales de 6M de ancho (de color amarillo), los cuales predominan, es decir son la mayoría. Las líneas de la cuadrícula están separadas 6M y los paneles “tocan” en una de sus caras dicha cuadrícula. La cara en contacto con la cuadrícula se denomina cara modular. La otra cara se considera cara no modular o “posición prohibida”. Esta estrategia de diseño se denomina a Bordes o “boundary planning” y es una de las más comunes y más fáciles de seguir, pero implica acostumbrarse a la idea que los “ejes” de las paredes están en una de sus caras (la cara modular) y nunca al centro como estamos acostumbrados.

Debemos recordar que se quiere normalizar **dimensionalmente** la construcción, razón por la cual hacemos que el diseño se ajuste a una cuadrícula, con lo cual garantizamos que las piezas que constituyen el sistema tengan dimensiones modulares. La idea de la cara modular y de la “posición prohibida” nace de la necesidad adicional de estandarizar **posicionalmente** los componentes, de manera que siempre estén



entre caras modulares y nunca en posiciones prohibidas.

Las aberturas en las paredes deben quedar localizadas en caras modulares, para que no dependan del espesor de los paneles. Debemos recordar que la Coordinación Modular busca estandarizar **dimensionalmente** los productos, pero también se busca estandarizar **posicionalmente** los mismos. Para ello las puertas y ventanas deberán estar posicionados adecuadamente en la cuadrícula, es decir en caras modulares siempre.

Otra característica del diseño a bordes es que las piezas necesarias para “completar” todo el set de piezas dependen del espesor de los paneles y del tipo de junta entre ellos. Como se puede apreciar en la planta modular, en las intersecciones entre paredes una pared siempre pasa delante de la otra, con lo cual aparece siempre un panel más corto (de color rojo) que el panel básico de 6M (de color amarillo). La dimensión del panel corto es fácil de estimar si sabemos el espesor del panel y el espesor de la junta: se debe restar de la dimensión básica de la cuadrícula multimodular 6M el espesor del panel y una junta completa.

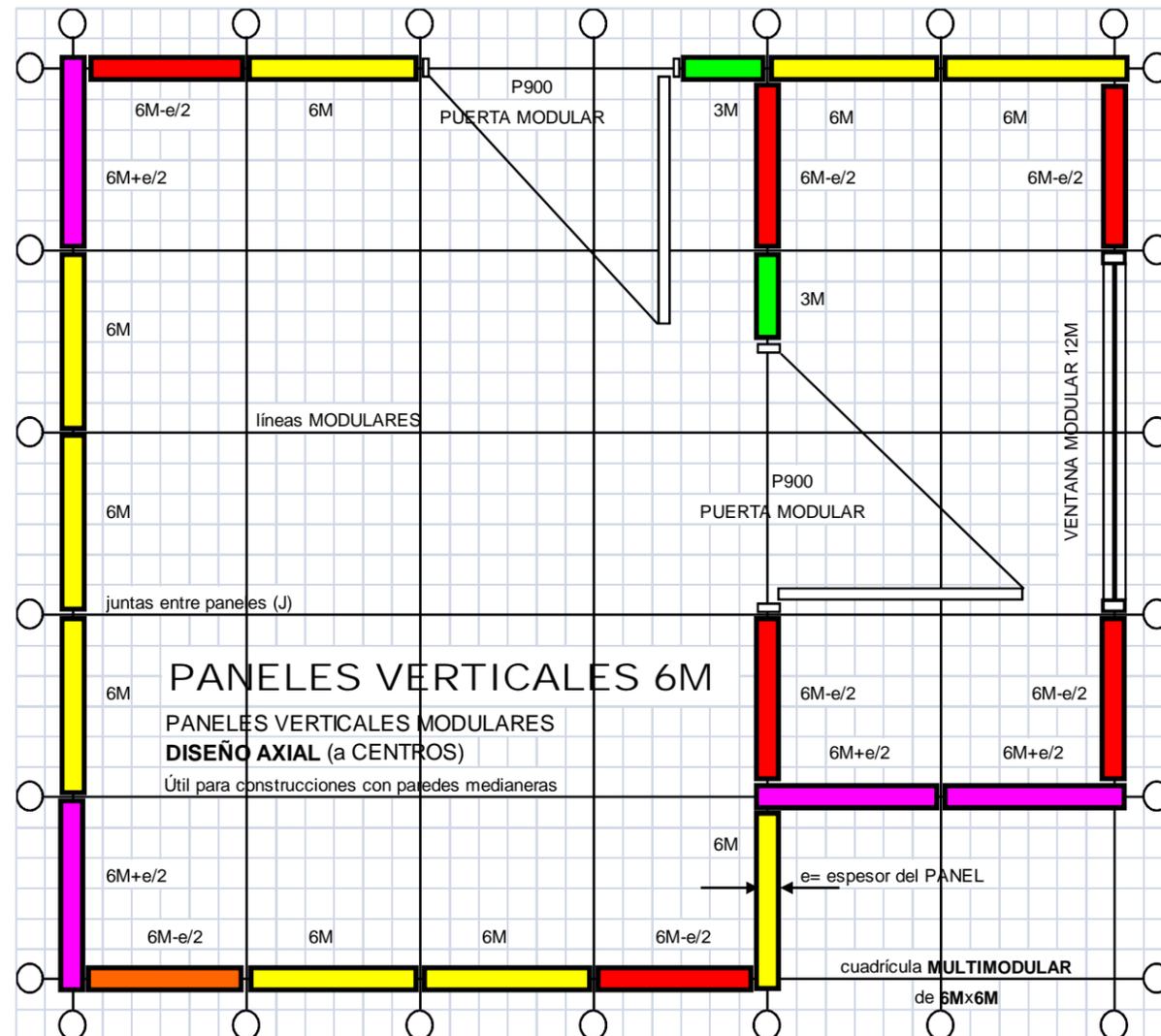
Para hacer ajustes y lograr puertas modulares de 9M (que son las más usuales) requerimos una pieza de ajuste de 3M (de color verde). Con estas 3 piezas básicas (una principal y dos auxiliares) se completa el “set” para este sistema de construcción. Dentro de la estrategia de diseño a bordes se pueden mencionar los siguientes sistemas de construcción de fabricación, importación y venta en Costa Rica: Tecnoblock, Modublock, bloques modulares genéricos de 15x20x30 cm, Covintec, Densglass, Gypsum, Habicon; JPM, Panacor, Panelco, Panelex y Polimuro (Total: 12 sistemas de construcción). El diseño a bordes será el utilizado en la propuesta del presente proyecto para la implementación de la Coordinación Modular.

(Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010)

Imagen 1 Diseño a bordes (Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010)

Diseño a Centros

En el diseño a centros, las paredes se localizan al centro de la cuadrícula modular, como vemos en la Imagen 2 siguiente. La distribución en planta es la misma que el dibujo anterior, pero ahora la ubicación de puertas no es tan fácil como en el anterior, por cuanto se deben garantizar posiciones modulares para ellos, las cuales solamente están fuera de las caras de los paneles, ya que ahora ninguna cara de panel está en posición modular. Se deben insertar ahora piezas de ajuste (de color verde) para “desplazar” las puertas a sus posiciones modulares más cercanas.



Adicionalmente sucede otro fenómeno geométrico: como los paneles están centrados, en las intersecciones de paredes un panel debe ser más largo que el normal de 6M, ya que debe sobrepasarlo en medio grosor de pared, con lo cual aparece una nueva pieza de ajuste (de color lila). Por otro lado, la pieza “corta” (de color rojo) no es de la misma dimensión requerida para la estrategia a Bordes, ya que la actual es más corta solamente en medio espesor y una junta. Con esto podemos entender que el simple cambio de estrategia, que a primera vista pareciera un simple “desfase” del diseño de una cuadrícula a bordes a una a centros, produce piezas de ajuste de diferentes tamaños.

Un fabricante no puede producir un sistema para diferentes estrategias de diseño, ya que esto implica un diferente “set” de piezas para cada estrategia, lo cual es claramente un doble stock de piezas, innecesario y, además, complejo de manejar en la práctica, ya que las piezas se parecen mucho pero son, esencialmente, diferentes.

Podemos ver, como ventaja, que en ambas estrategias de diseño se pueden utilizar las mismas puertas y las mismas ventanas. En la estrategia a centros se requiere una pieza más que a bordes. Nótese que ya no es tan clara la preponderancia de los paneles “normales” de 6M (de color amarillo) en esta segunda estrategia de diseño, como sí lo era en la primera.

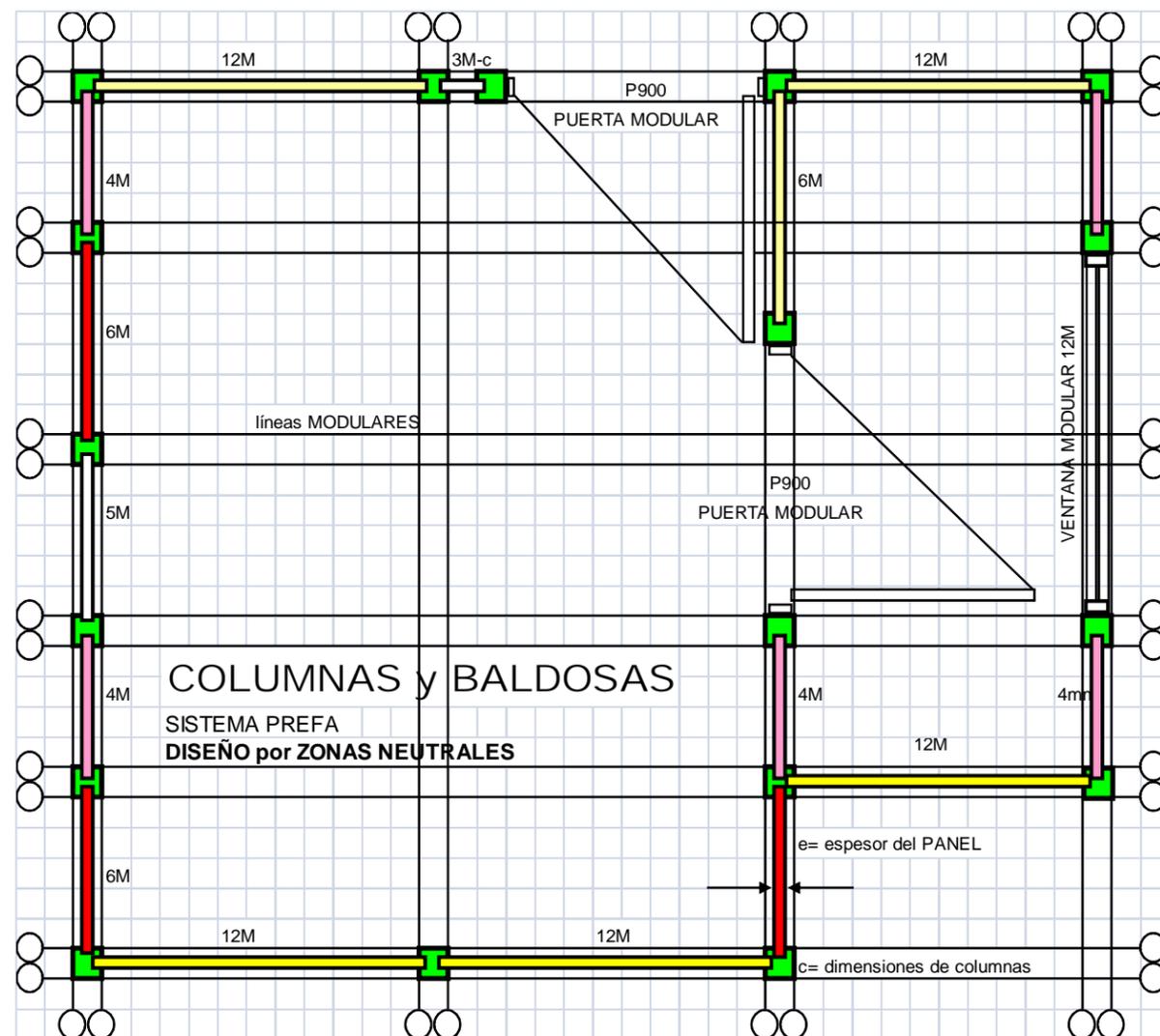
Dentro de la estrategia de diseño a centros se pueden mencionar los siguientes sistemas de construcción de fabricación, importación y venta en Costa Rica: Superbloque y Habicon (Total: 2 sistemas de construcción). (Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010)

Imagen 2 Diseño a Centros (Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010)

Diseño por Zonas Neutrales

Esta es la menos usual de todas las estrategias de diseño, dada la complejidad geométrica que genera. En esta estrategia se considera que el espesor de las paredes o de algún elemento “protuberante” de las mismas tiene una dimensión no modular, la cual se llamará Zona Neutral. En esta zona neutral se interrumpe la cuadrícula modular. Solamente los espacios entre zonas neutras serán modulares, como se puede ver en el dibujo siguiente.

La continuidad de las cuadrículas anteriores no existe. Hay tantas zonas neutras como paredes tenga el diseño. Cada zona neutral debe extenderse en todo el diseño, de lo contrario el sistema no se puede



“cerrar”. Las puertas y ventanas tocan las zonas neutras siempre. El ancho total del proyecto no se conoce sino hasta el final y nunca es de dimensiones modulares, ya que se deben sumar tantas zonas neutras (no modulares) como paredes tenga el diseño. Cualquier cambio en el diseño por parte del usuario genera un acomodo de la totalidad, ya que se debe saber cómo manipular las nuevas zonas neutras que se generen.

Esta estrategia de diseño puede requerir muchas piezas de ajuste y casi ninguna, o muy pocas, “normales”. Su uso no siempre es fácil de comprender ni de utilizar. Sin embargo, es útil para sistemas de construcción como el mostrado a base de columnas verticales y baldosas horizontales, muy popular en Costa Rica.

Para todos los sistemas de construcción, cuanto más pequeño es el multimódulo, menor es la distancia en que se deben desplazar las paredes cuando se requieren espacios de mayores dimensiones. Por ejemplo, en un sistema con multimódulo de 6M, si existe un aposento con una distancia entre paredes de 24M (es decir 4 paneles de 6M) y se requiere ampliar su dimensión, se debe ampliar desde 24M hasta 30M (un panel más). Es decir cada incremento será siempre de 6M.

Mientras que si un sistema utiliza un multimódulo menor (de 3M, por ejemplo), entonces los incrementos para los espacios son de la mitad, es decir de 3M. Para ampliar el aposento anterior de 24M se pasaría solamente a 27M. Cuanto más pequeños los incrementos, más flexible se considera el diseño en planta. Por el contrario, cuanto más grandes los incrementos, menor es su flexibilidad. Por lo tanto, es posible clasificar los sistemas de construcción por su “flexibilidad en planta” o su facilidad o dificultad para hacer cambios menores.

Dentro de la estrategia de diseño por zonas neutras solamente existe un sistema de fabricación en Costa Rica: Prefa (total: 1 sistema de construcción). (Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010)

Imagen 3 Diseño por Zonas Neutrales (Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010)

SISTEMA DE REFERENCIA

El sistema de referencia es un sistema de puntos, líneas y planos al que se relacionan las dimensiones y ubicaciones de los componentes de edificación o ensambles de edificación. Un sistema de referencia debería principalmente ser utilizado durante la fase de diseño y podría también formar la base del sistema de líneas del cual se sacan las medidas en campo. (Ver Imagen 4)

Retícula de espacio modular

Una retícula de espacio modular es un sistema de referencia tridimensional dentro del cual se localizan una edificación y sus componentes. De esta manera, los planos forman espacios modulares libres que, de acuerdo con el diseño, pueden ser llenados por componentes modulares. La distancia entre los planos en tal sistema es equivalente al módulo básico (retícula de módulo básico) o a un multimódulo (retícula multimodular). (Un ejemplo es mostrado en la Imagen 5). Los planos de referencia en la retícula de espacio modular se denominan planos modulares. (INTE/ISO 2848, 2007)

Nota El multimódulo puede diferir para cada una de las tres direcciones de la retícula de espacio modular.

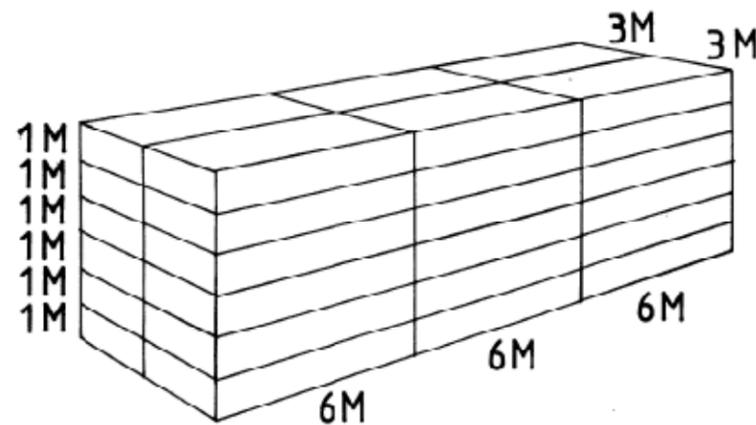


Imagen 5 Ejemplo de una retícula de espacio modular (INTE/ISO 2848, 2007)

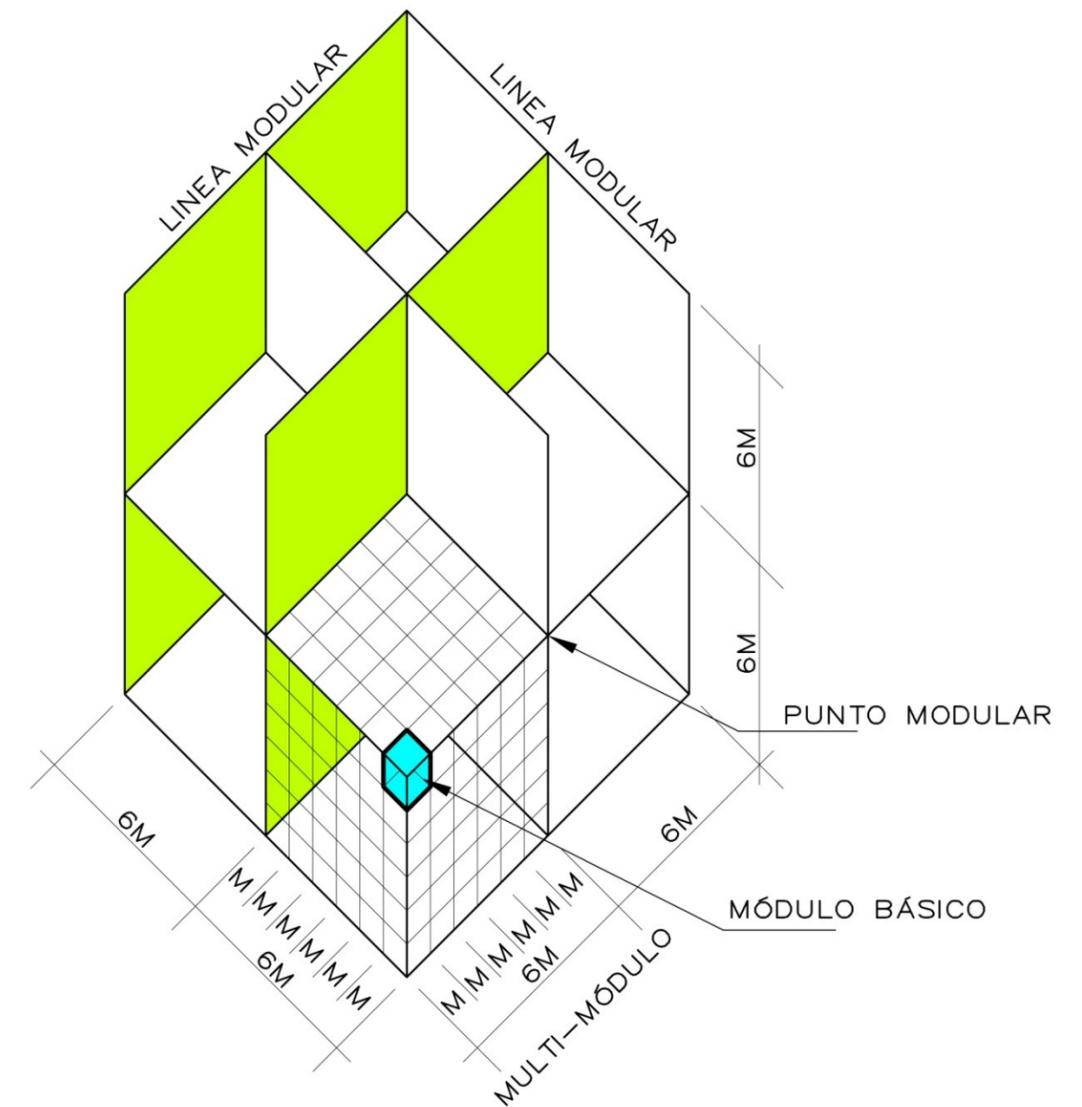


Imagen 4 Sistema Espacial de Referencia (INTE/ISO 2848, 2007)

Retícula modular

Los diseños tienen que ser expresados en dos dimensiones. Para este fin, se utilizan las proyecciones horizontal y vertical de la retícula de espacio modular las cuales son conocidas como retícula modular.

Las diferentes retículas modulares pueden ser superpuestas en el mismo plano o elevación para diferentes propósitos. (Los ejemplos se encuentran en la Imagen 6).

La ventaja de utilizar retículas es que estas proveen un sistema de referencia continuo en un proyecto, dado que la retícula de módulo básico se mantiene ininterrumpida sobre toda la edificación. La posición de los componentes y sus correspondientes dimensiones modulares pueden ser reconocidas tanto por los que preparan los dibujos y en la medida en que estos aparezcan en los dibujos finales, así como por aquellos que los interpretan. (INTE/ISO 2848, 2007)

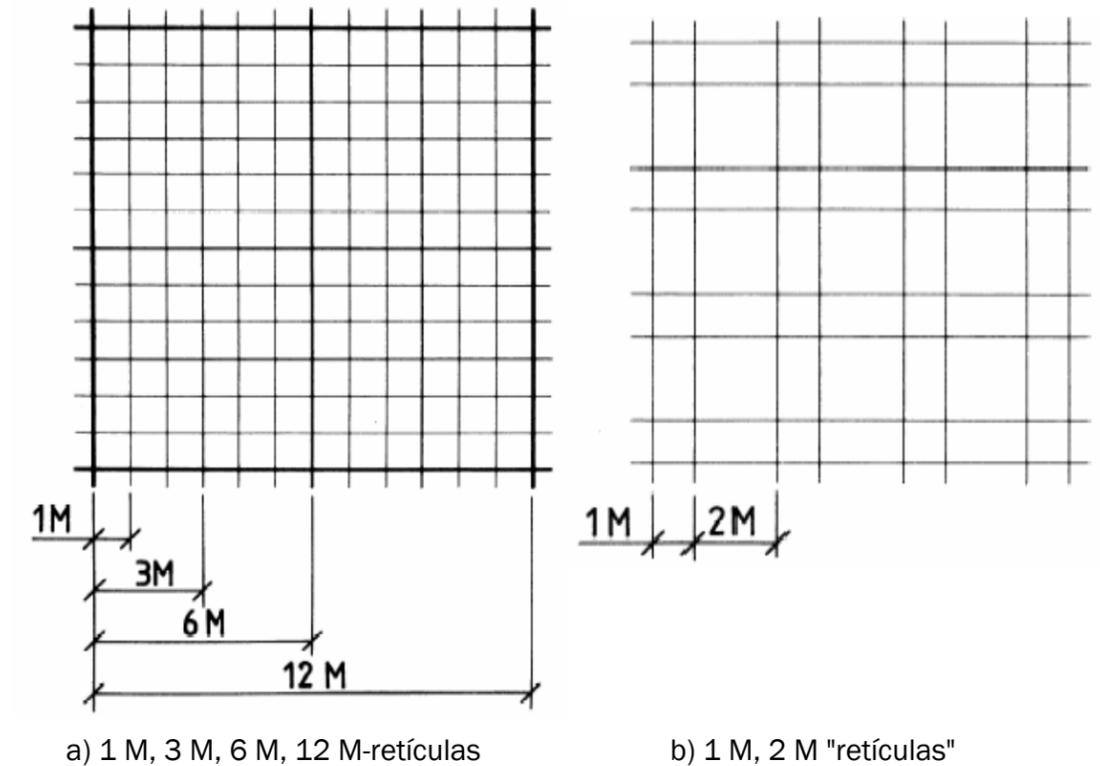


Imagen 6 Ejemplo de retículas modulares superpuestas (INTE/ISO 2848, 2007)

Retícula de módulo básico

La retícula modular fundamental es aquella en la que el espaciamiento de líneas paralelas consecutivas es igual al módulo básico. (Ver norma INTE/ISO 1006).

Retícula multimodular

Además de la retícula de módulo básico, se pueden utilizar las retículas multimodulares, en las que el espaciamiento de las líneas es un multimódulo. Este multimódulo puede diferir para cada una de las dos direcciones de la retícula.

Las líneas en una retícula multimodular normalmente coinciden con las líneas de la retícula de módulo básico. En la práctica, sin embargo, puede ser ventajoso desplazar retículas modulares utilizadas para diferentes propósitos con relación entre ellas. Un ejemplo, puede ser el desplazamiento de la retícula horizontal, determinando la posición de los componentes del piso desde la retícula horizontal y la posición de los componentes de la pared con una dimensión igual al soporte de los componentes del piso. (INTE/ISO 2848, 2007)

Zonas de interrupciones de retícula modular

En algunos casos puede ser necesario interrumpir una retícula modular (por ejemplo, para acomodar elementos divisorios). El ancho de la zona de interrupción de la retícula modular puede ser modular o no modular. (Ver Imagen 7). (INTE/ISO 2848, 2007)

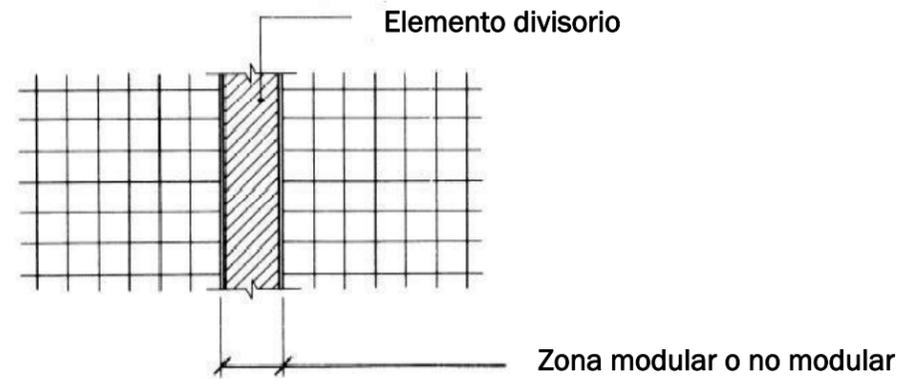


Imagen 7 Zonas de interrupción de retículas modulares (INTE/ISO 2848, 2007)

FICHAS TÉCNICAS EXISTENTES

Recordando que la Coordinación Modular es un sistema de referencias geométricas que permiten la normalización dimensional y posicional de todos los productos, componentes y elementos que conforman las edificaciones. Esta es aplicable a todos los sistemas de construcción, pues su objetivo es la unificación geométrica de todos o la mayoría de ellos. (Rodríguez M. , 2005)

En Costa Rica se han logrado documentar a través de la Cámara Costarricense de la Construcción o CCC al menos 10 fichas técnicas que abarcan, al menos, 15 Sistemas de Construcción modulares de fabricación, venta e importación en el país.

Las fichas técnicas actualmente reconocidas por la CCC son las que a continuación se muestran. Puede verse la estrategia de diseño en planta para cada uno de ellas (a bordes, que es la más utilizada, a centros y por zonas neutrales). Cada fabricante o firma distribuidora ha sido responsable por el diseño y definición de la geometría y cuadrícula de diseño en planta indicada en las fichas técnicas que siguen, buscando cada uno de ellos la forma más adecuada de utilizar sus productos.

A continuación por medio de las imágenes 8- 17 se muestra una planta de distribución teórica que les fue solicitada a cada representante del sistema de construcción ya mencionado, con dimensiones uniformes a todos ellos, con el fin de que cada sistema indicara las piezas típicas que componen el “set” o conjunto de piezas para solucionar todas o la mayoría de intersecciones entre paredes para arreglos ortogonales. En esta planta de distribución se muestran dos espacios conectados entre ellos, dos puertas modulares de 9M y una ventana modular de 12M. (Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010)

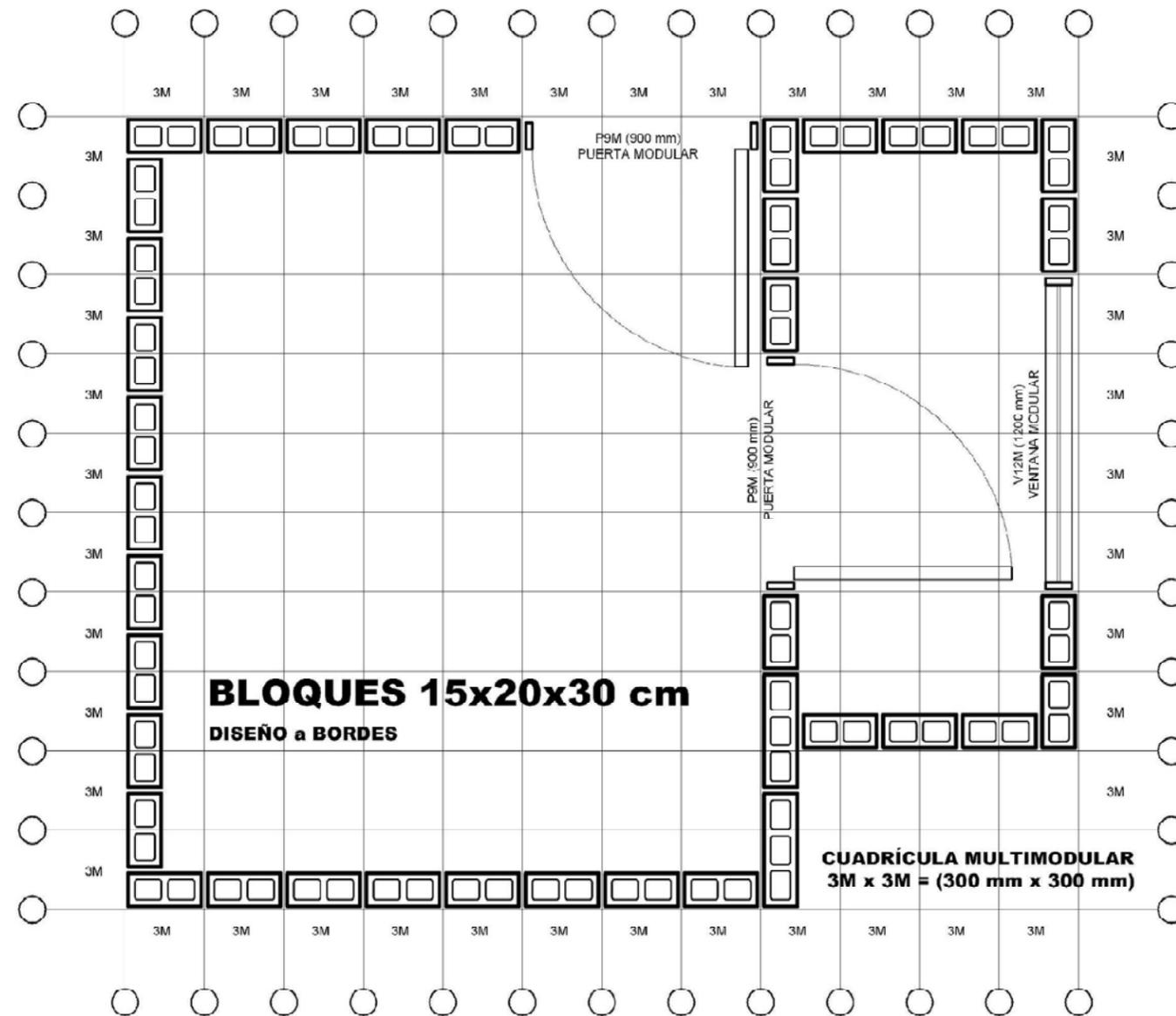


Imagen 8 Bloques 15x20x30 (INTE 06-05-01-08, 2007)

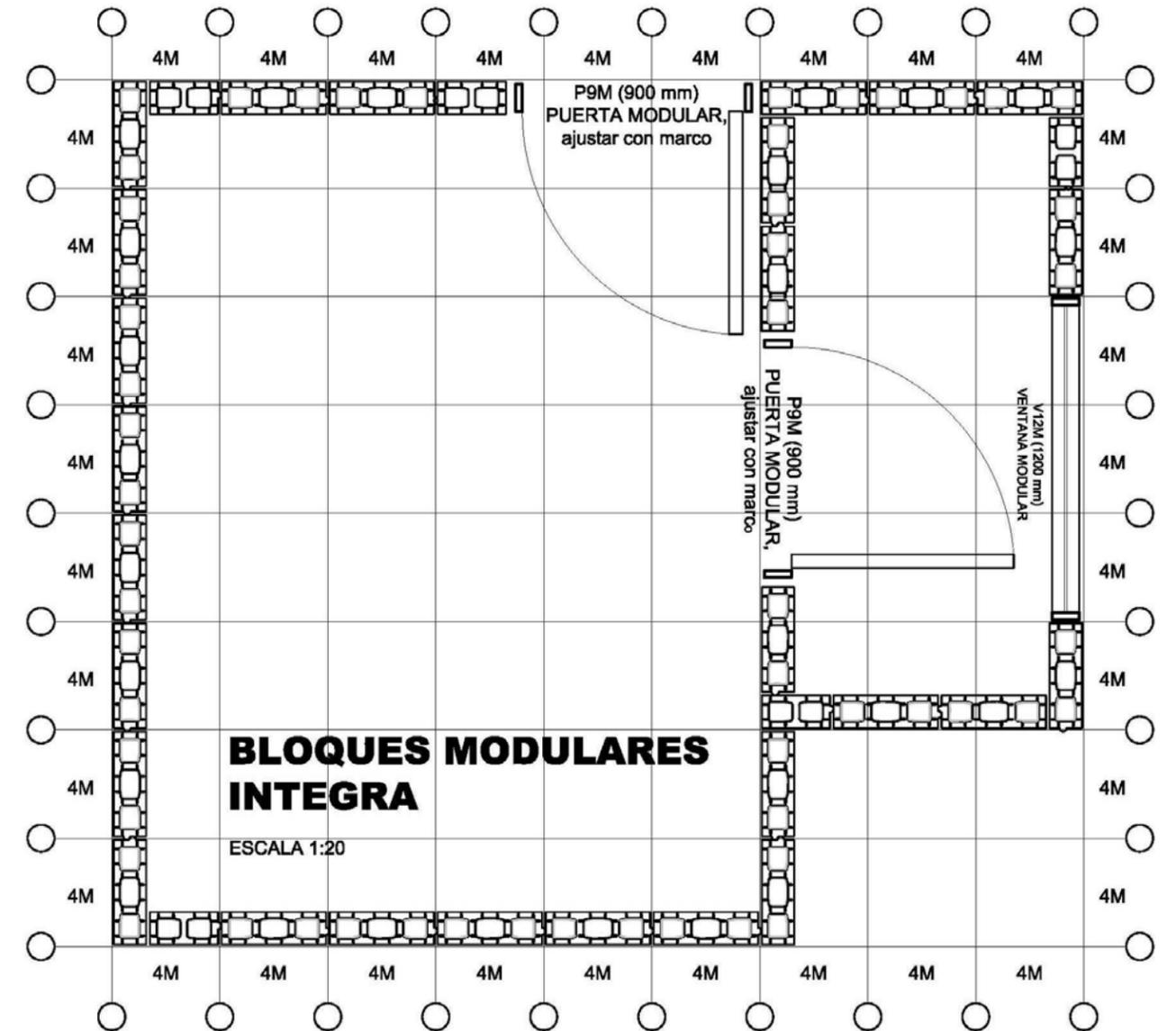


Imagen 9 Bloques Modulares Integra (INTE 06-05-01-08, 2007)

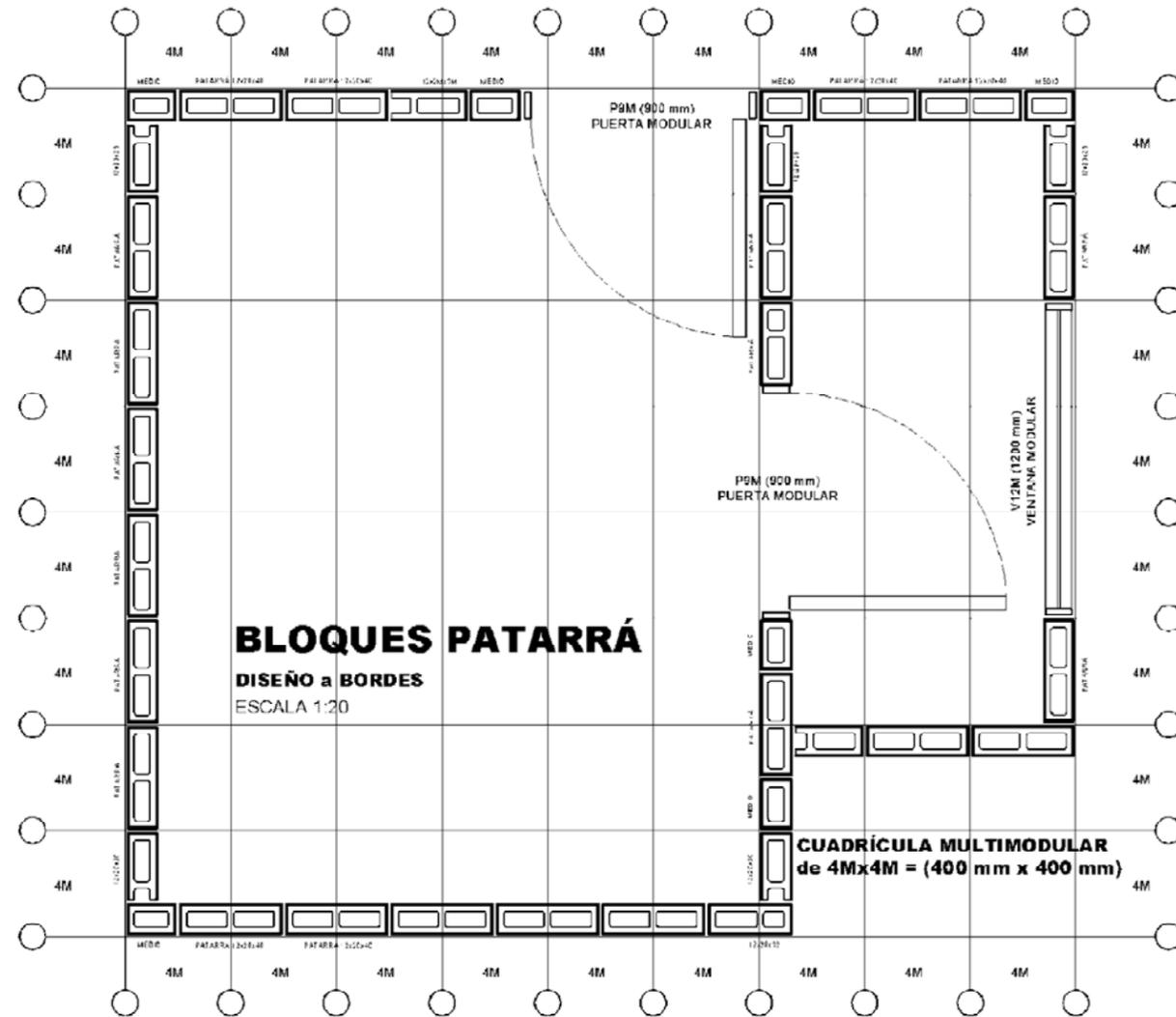


Imagen 10 Bloques PATARRÁ (INTE 06-05-01-08, 2007)

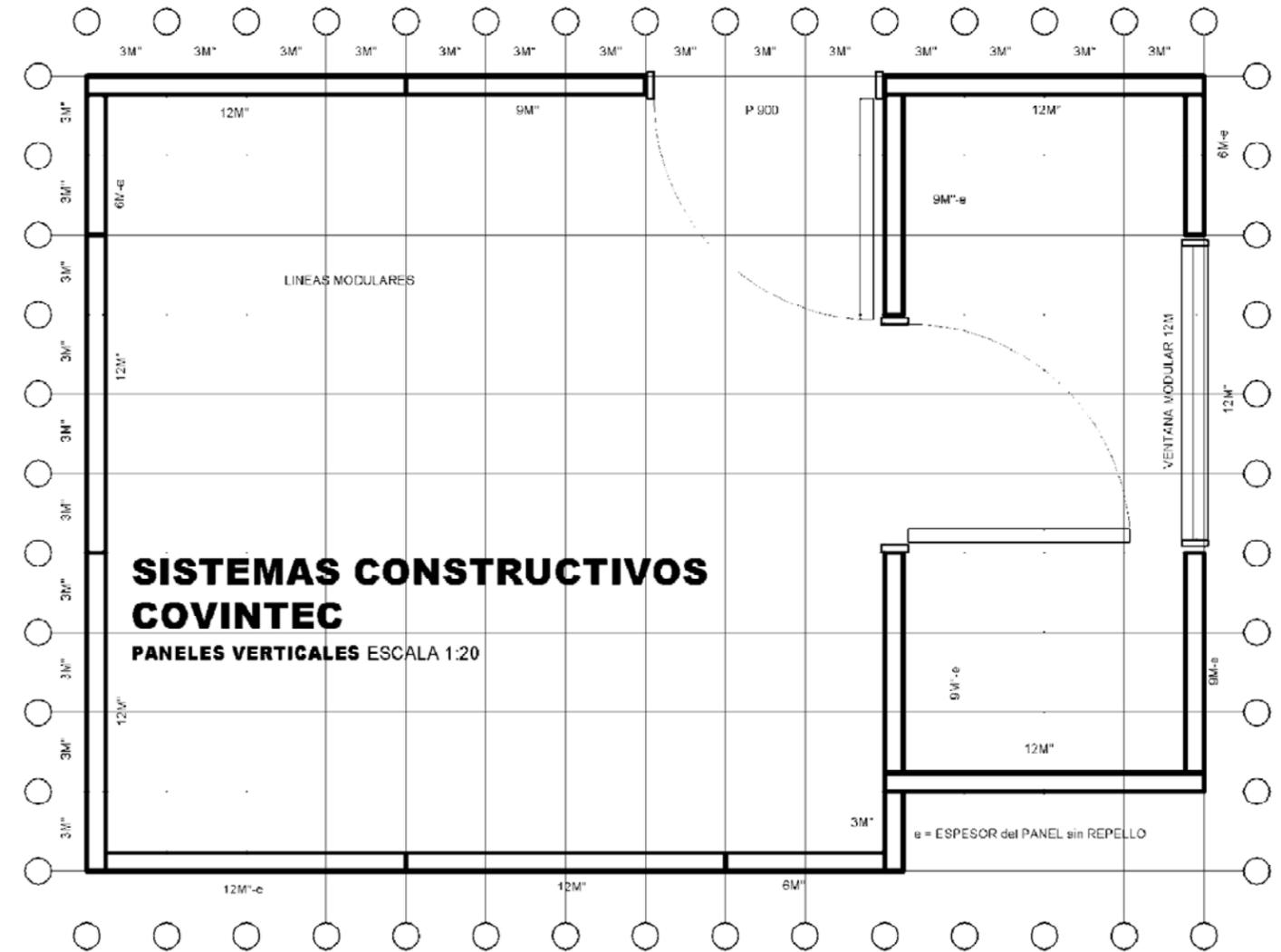


Imagen 11 Sistemas Constructivos COVINTEC (INTE 06-05-01-08, 2007)

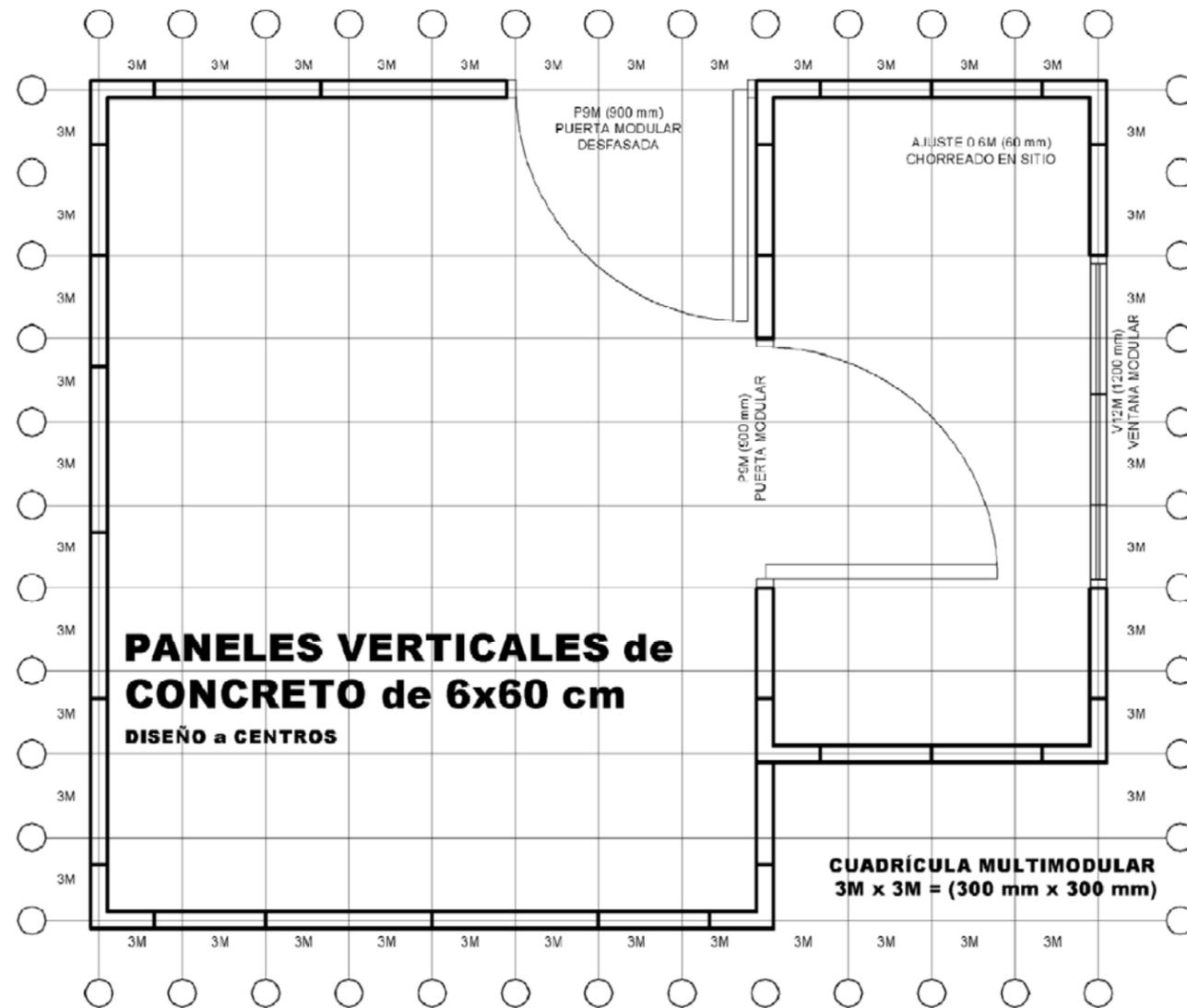


Imagen 13 Paneles Verticales de Concreto (INTE 06-05-01-08, 2007)

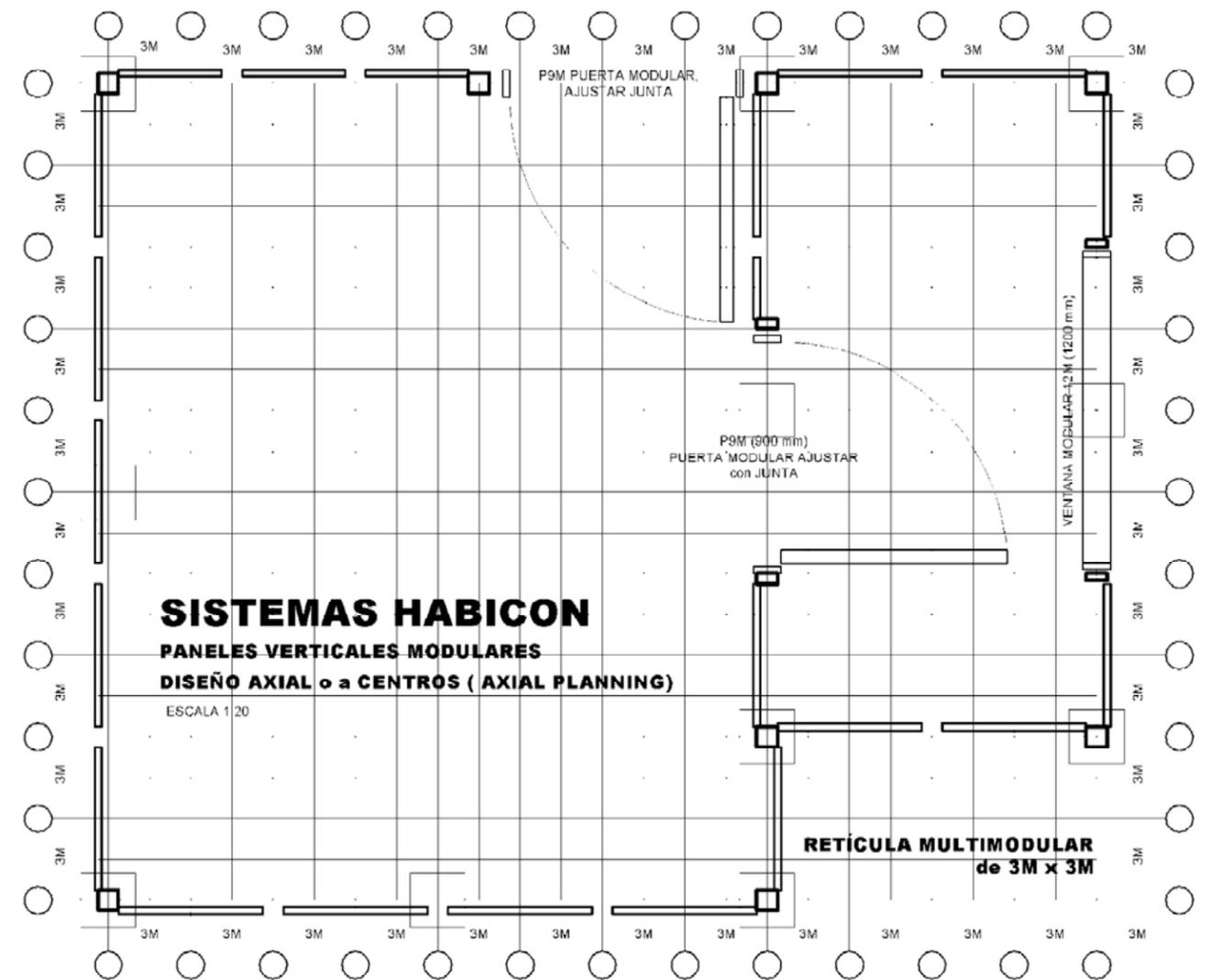


Imagen 12 Habicon (INTE 06-05-01-08, 2007)

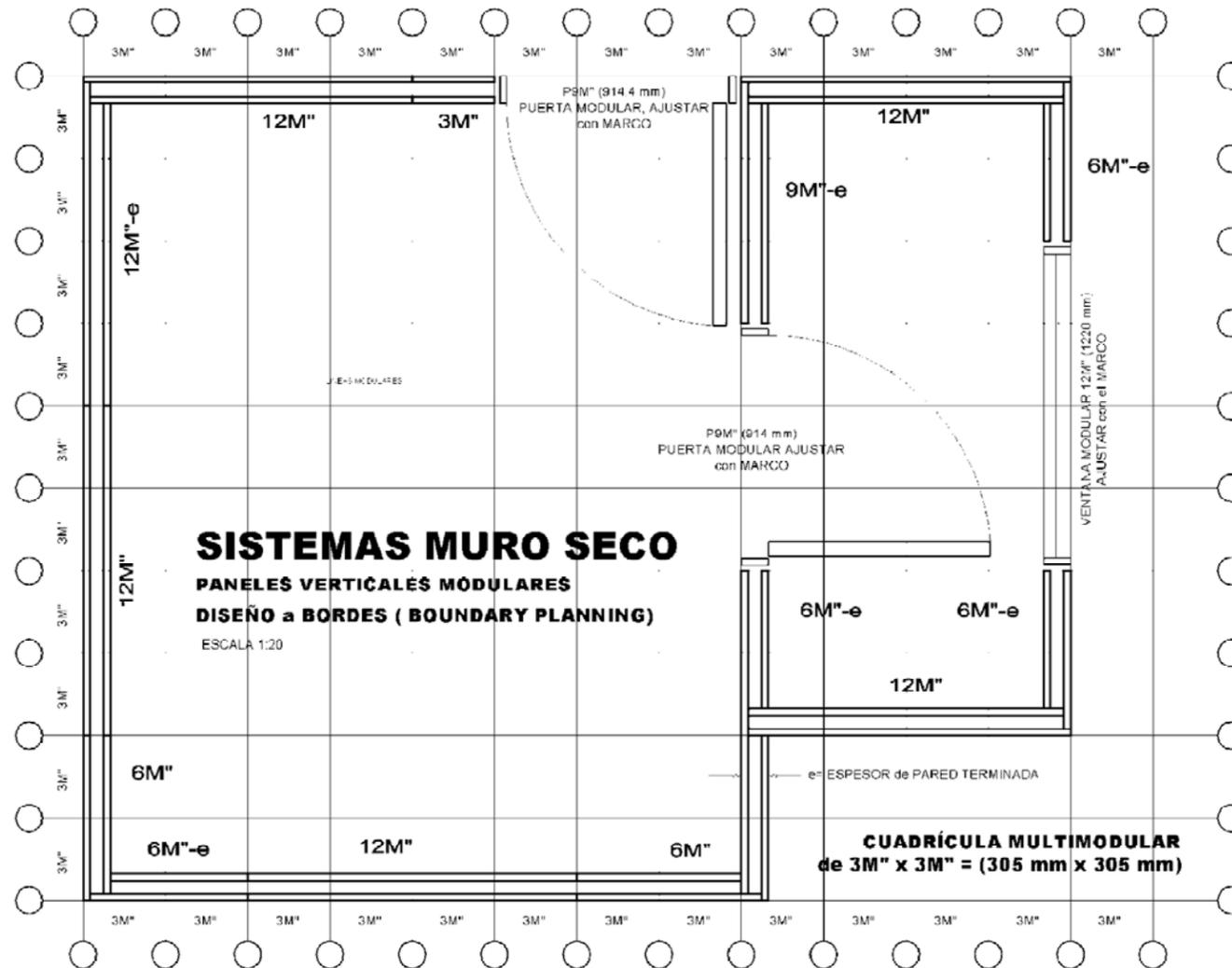


Imagen 14 Muro Seco (Productos Láminares en general) (INTE 06-05-01-08, 2007)

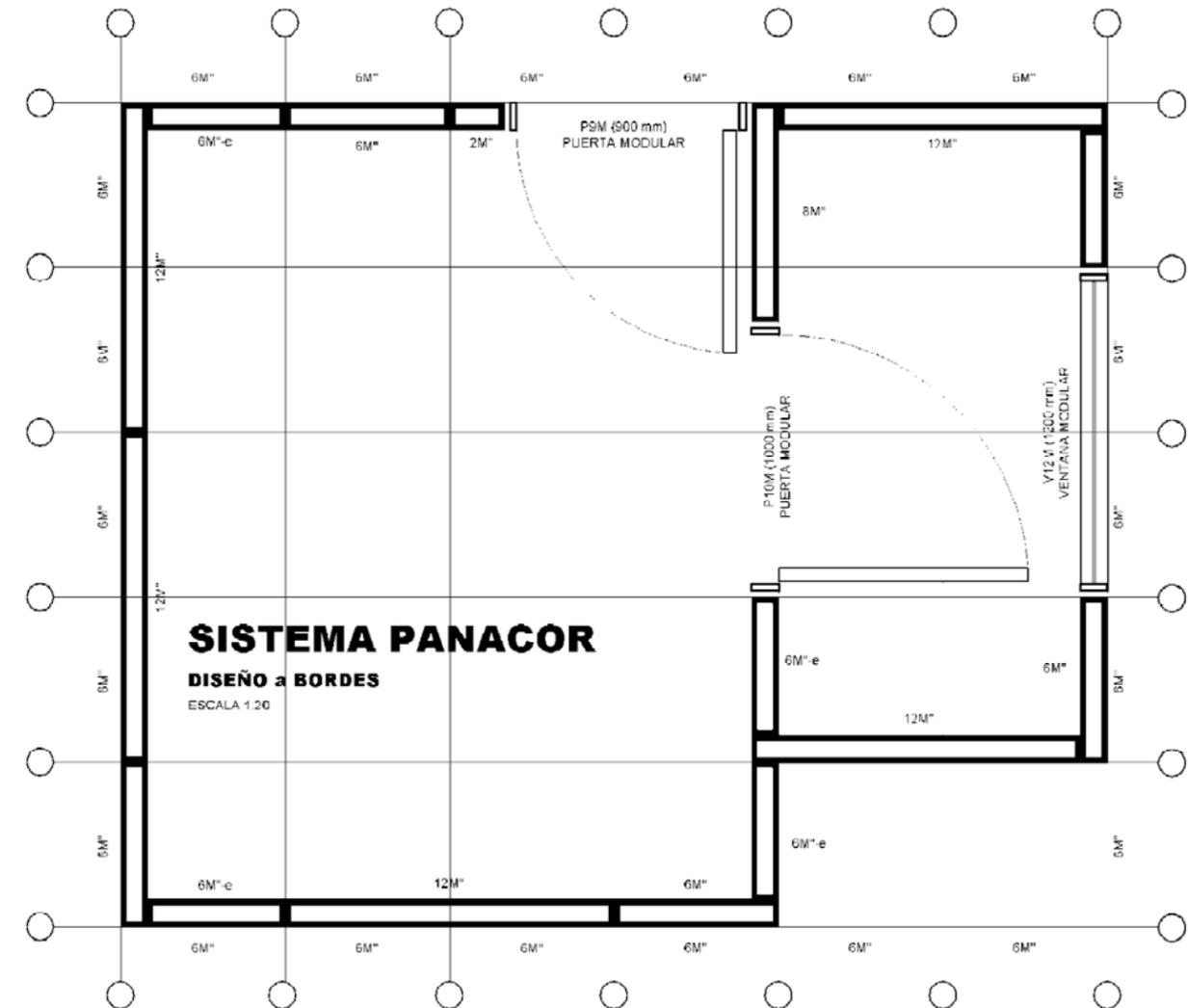


Imagen 15 Panacor (INTE 06-05-01-08, 2007)

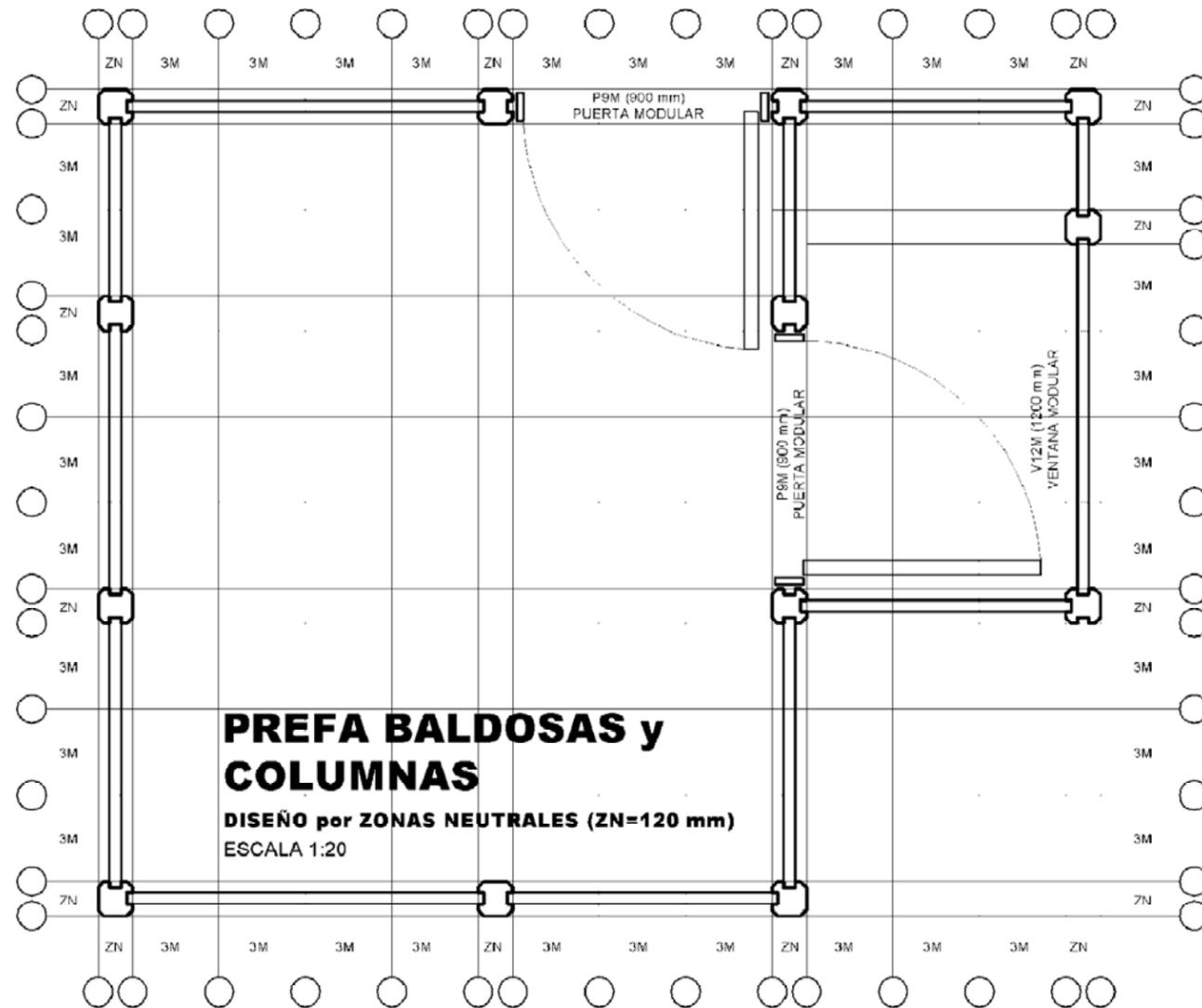


Imagen 17 Prefa (INTE 06-05-01-08, 2007)

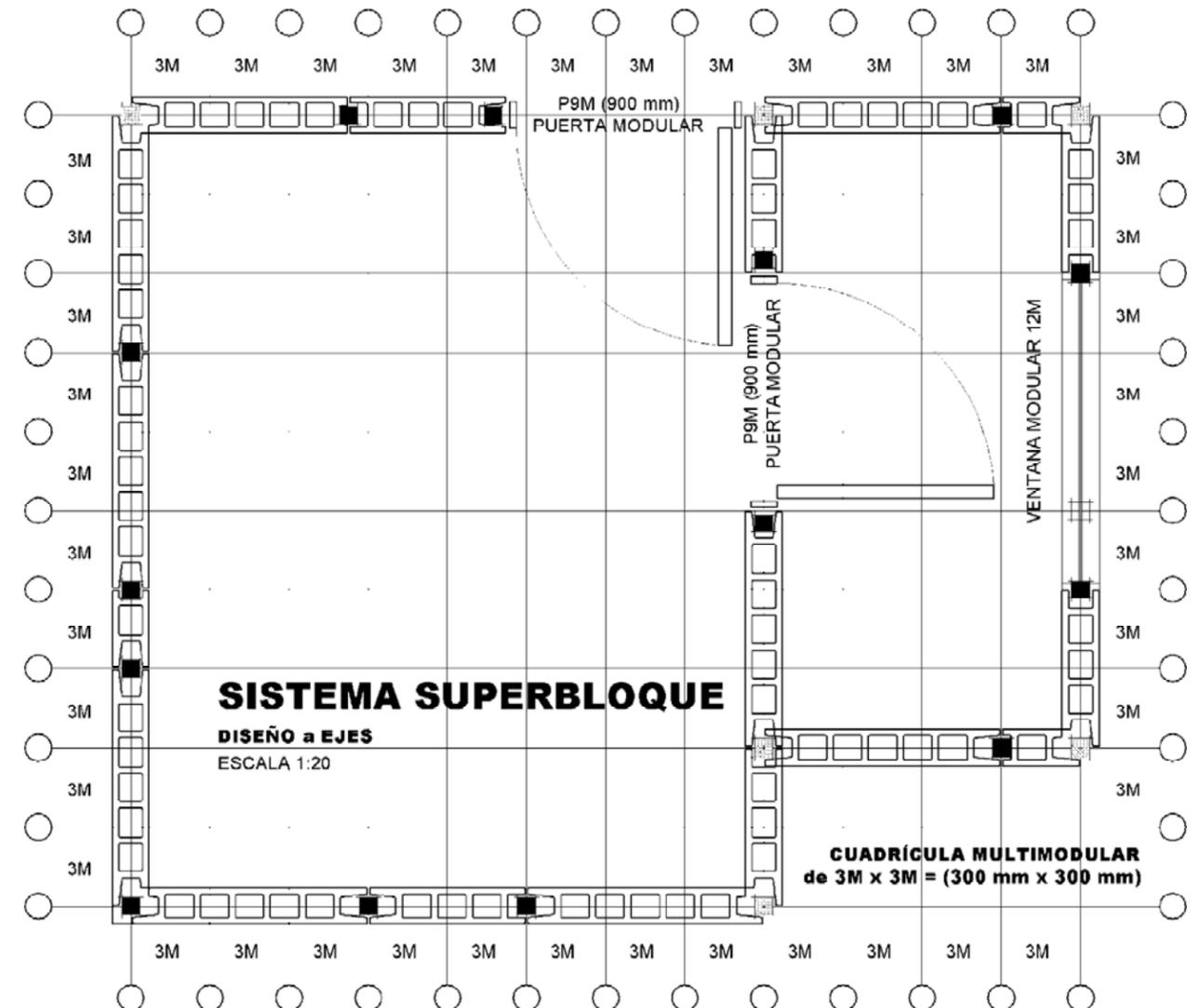


Imagen 16 Superbloque (INTE 06-05-01-08, 2007)

NORMAS INTE PARA LA COORDINACIÓN MODULAR.

Como una ventaja para el Sector de la Construcción, ya existen normas de la Coordinación Modular en Costa Rica, las cuales fueron avaladas por INTECO durante el año 2009. Dichas normas son de carácter voluntario e indican los principios básicos que deben regir los diseños, las construcciones y la fabricación de componentes, todos cobijados bajo únicas normas geométricas. (Rodríguez M. , COORDINACION MODULAR, 2010)

1. INTE/ISO 6514:2007 _ Construcción de edificaciones — Coordinación modular— Incrementos sub-modulares.
2. INTE/ISO 6513:2008 mod. _ Construcción de edificaciones — Coordinación modular— Series de multimódulos para dimensiones horizontales recomendados.
3. INTE/ISO 6512:2007_ Construcción de edificaciones — Coordinación modular— Altura entre pisos y altura de aposentos.
4. INTE/ISO 2848:2007 _ Construcción de edificaciones — Coordinación modular — Principios y reglas.
5. INTE/ISO 6511:2008_ Construcción de edificaciones — Coordinación modular— Plano modular del piso para dimensiones verticales.
6. INTE/ISO 1040:2007 Mod._ Construcción de edificaciones — Coordinación modular —Multimódulos para coordinación horizontal de dimensiones
7. INTE/ISO 1791:2007_ Construcción de edificaciones — Coordinación modular — Vocabulario
8. INTE/ISO 1006:2007 _ Construcción de edificaciones — Coordinación Modular — Módulo Básico.
9. INTE 06-05-03-08_ Construcción de edificaciones — Coordinación modular— Dimensiones modulares de aberturas para ventanas.
10. INTE 06-05-02-08_ Construcción de edificaciones — Coordinación modular— Dimensiones modulares de aberturas para puertas.
11. INTE 06-05-01-08_ Construcción de edificaciones — Coordinación modular— Multimódulos horizontales y verticales aplicables a los sistemas de construcción.

Materiales, Construcción y Sistema de Construcción

En construcción las diferentes partes de la edificación se dividen en diferentes grupos y subgrupos. El primer grupo son los sistemas por ejemplo tipos de entrepiso. Luego este sistema se subdivide en elementos, por ejemplo vigas, columnas y cerchas. Un elemento es la parte funcional de un inmueble fabricado con materiales de construcción o componentes de una edificación. Seguidamente siguen los componentes, es decir puertas, ventanas, muebles. Un componente es un producto de construcción diseñado como unidad única. Luego de los componentes siguen los productos y por último los materiales como la madera, el acero, el concreto, etc. (INTE/ISO 1791, 2007)

Cuando se habla de construcción, se refiere a diversas formas y combinaciones de cómo hacer o crear varios sistemas. El uso más habitual del término construcción se refiere al arte o técnica de fabricar edificios e infraestructuras. En un sentido más amplio, se denomina construcción a todo aquello que exige, antes de hacerse, tener o disponer de un proyecto o plan predeterminado, o que se hace uniendo diversos componentes según un orden determinado.

Un sistema de construcción es un conjunto de elementos, materiales, técnicas, herramientas, procedimientos y equipos, que son característicos para un tipo de edificación en particular. Lo que diferencia un sistema de construcción de otro es además de lo anterior, la forma en que se ven y se comportan estructuralmente los elementos de la edificación, como son: entresijos, muros, cubiertas y cimentaciones. Este equivale entre un 30% a 35% del total de la obra. El sistema de construcción no siempre define la edificación en su totalidad, es más común que defina cada una de sus partes; por ejemplo: en un mismo edificio se pueden hacer muro de mampuestos, concreto, reforzado, estructural, o una combinación de los mismos. Mientras que se puede usar una cimentación flotante, aislada, corrida, o combinación de estas. Para cada sistema constructivo, se usan diferentes procedimientos de construcción, diferentes materiales y su funcionamiento estructural, así como su precio, también varían de uno a otro.

Un sistema integrado es aquel en el que se le ha definido un campo donde se puede medir cierto tipo de actividad entre sus componentes o partes que se interrelacionan. Estos elementos pueden llamarse módulos. (Rodríguez, 2007)

MAMPOSTERÍA

El término mampostería hace referencia al sistema constituido por elementos prismáticos prefabricados como bloques de concreto, ladrillos, rocas y otros; unidas entre sí por medio de un material con propiedades aglutinantes.

La mampostería se clasifica según su materia prima, su densidad, su forma, su espesor y su uso. Según la materia prima con que es fabricada se distinguen la mampostería de piedra, muy utilizada por las culturas antiguas, la mampostería de arcilla o barro cuya característica principal es su susceptibilidad a cambios volumétricos por absorción de humedad, la mampostería de concreto, de mayor uso en la actualidad debido a su buena resistencia y facilidad en el control de su calidad y últimamente se tiene mampostería de vidrio, utilizada específicamente como componente decorativo.

Este sistema constructivo se ha popularizado tanto debido a su gran cantidad de ventajas por sobre los otros sistemas constructivos como lo son su economía, su resistencia a la intemperie, su durabilidad, su versatilidad y su facilidad para permitir el paso de las instalaciones electromecánicas por el interior de las paredes. Además permite dejarse al descubierto o cubrirse con mortero y pintura.

La mampostería es el método constructivo más empleado en el país, esto debido a que como se ha trabajado durante muchos años, existe gran información sobre su forma de empleo. Además, posee muchas ventajas sobre los otros métodos constructivos, como los son, su facilidad para adaptarse a diferentes formas arquitectónicas, su resistencia a la humedad y al fuego, su capacidad de aislamiento térmico y acústico, y su facilidad para colocar tuberías y refuerzo estructural dentro de ella.

Generalmente, los empleadores de este sistema constructivo resuelven el problema de incompatibilidad de medidas de los bloques no modulares, a través del corte en obra de los bloques en las terminaciones de las paredes o mediante la utilización de formaletas rellenas de concreto para el ajuste de las terminaciones, lo cual requiere más material como formaleta, varillas para la armadura y más tiempo de mano de obra en el armado de la armadura, colocación de la formaleta y preparación del concreto.

Cabe mencionar que para emplear el concepto de coordinación modular no basta con utilizar bloques modulares como el Integra y el TEKNOBLOCK, también es necesario que el diseñador utilice una cuadrícula modular a la hora de realizar los planos arquitectónicos, en la cual todas las paredes deben ser ubicadas de tal forma que una de la caras de la pared coincida con una de las líneas modulares de dicha cuadrícula. No es permitido que las paredes se coloquen a centros de líneas modulares. (Rodríguez, 2007)

Residuo de construcción

Los residuos de construcción y demolición (RCD) constituyen un amplio porcentaje del total de residuos generados y, sin embargo, han sido siempre considerados de menor importancia frente a residuos como los domiciliarios, quizás por su propiedad de inertes. Los residuos de construcción son llamados normalmente inertes, pero pueden contener gran cantidad de residuos tóxicos y peligrosos como aceites, amianto etc., (anónimo, 2005)

Es de suma importancia determinar que en este proyecto no se pudo cuantificar el desperdicio de materiales de construcción pues se contó con viviendas ya modulares en sus paredes, aún así se plantea la definición de desperdicio, residuo o material desperdiciado en las construcciones con los siguientes conceptos:

Se llama desperdicio a cualquier ineficiencia en el uso de equipo, material, trabajo, o capital en cantidades que son consideradas como necesarias en la producción de una construcción. Incluye tanto la incidencia de material perdido y la ejecución de trabajo innecesario, lo que origina costos adicionales y no agrega valor al producto. El originar costos y no generar valor, es la base del concepto de desperdicio. Se distingue un *desperdicio inevitable* como aquel en que la inversión para evitarlo es mayor que la economía que produce. Un *desperdicio evitable* es cuando el costo del desperdicio es más alto que el costo para prevenirlo. La proporción de estos desperdicios depende de la empresa y de la obra en particular, y está asociado al desarrollo tecnológico. ("Control de desperdicios", 2007)

Se consideran desechos o residuos de construcción y demolición aquellos que se generan en el entorno urbano y no se encuentran dentro de los comúnmente conocidos como Residuos Sólidos Urbanos (residuos domiciliarios y comerciales), ya que su composición es cuantitativa y cualitativamente distinta. Se trata de residuos, básicamente inertes, constituidos por tierra y áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, cerámicas, ladrillos, vidrios, plásticos, yesos, acero de refuerzo, maderas, tuberías, papeles y cartones, etc. Estos desechos en su gran mayoría sólidos, normalmente se consideran parte de la basura del proyecto y luego son desechados y sacados del mismo sin recibir tratamiento previo ni importar su disposición final, o se queman en el mismo proyecto produciendo emisiones perjudiciales para el ambiente incrementando los riesgos de incendio. (Leandro, 2008)

DE LA CUNA A LA TUMBA

Este principio señala que todo residuo debe valorizarse, desde su fuente generadora (industria, hogar, comercio, instituciones, sector agropecuario, etc.), hasta su tratamiento, aprovechamiento, co-procesamiento o su eliminación ambiental adecuada. Se debe preguntar si el residuo generado por un producto es o no reutilizable, reciclable, o co-procesable como energía o biomasa, antes de pensar solamente en su eliminación.

Esto tiene que ver con la herramienta de "análisis de ciclo de vida", o sea que se lanza al consumo debe ser analizado en cuanto a su vida útil, y a los desechos que él mismo va a generar, en sus fases de: producción, utilización, tratamiento o eliminación, desde la materia prima que lo compone, su procesamiento, manufactura, formulación, distribución, transporte, su uso o reutilización, mantenimiento y otros.

Una gestión integral de desechos requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de todos y todas las y los generadores, productores, importadores, distribuidores, consumidores, gestores de desechos, tanto públicos como privados. (Asociación Conservacionista YISKI, 6-40)

LAS 4 R`S

1. Rechazar: esto se refiere a no adquirir un producto que por su origen o forma de producción sea dañino al ambiente, que haya sido ensayado en animales o que su procedencia sea transgénica. Ejemplos de estos son aerosoles, estereofón o empaques que no se puedan reciclar. La industria debe cumplir con el principio ambiental “de la cuna a la tumba” y ser responsable de sus desechos.
2. Reducir: disminuir el volumen de los desechos. Algunas técnicas son: comprimirlos, aprovechar la utilidad del producto al máximo, evitar la compra de botellas no retornables.
3. Reutilizar: usar repetidamente algún recurso o material para un fin similar o distinto, por ejemplo reutilizar los envases de vidrio.
4. Recuperar para reutilizar y reciclar: Se basa en la utilización del residuo generado en otro proceso distinto del que lo ha producido, este se podrá introducir en el nuevo proceso directamente o mediante algún tratamiento previo. la mayoría de los materiales de los que están hechos los productos que utilizamos en el hogar son reciclables. Una vez que los hayamos usado, deberíamos devolverlos al ciclo productivo para que, después de un tratamiento, puedan incorporarse de nuevo al mercado, reduciéndose así el consumo de materias primas y de energía. (Asociación Conservacionista YISKI, 6-40)

Estado de la Cuestión

En la actualidad, en Costa Rica se han logrado documentar a través de la Cámara Costarricense de la Construcción o CCC al menos 10 fichas técnicas que abarcan, al menos, 15 Sistemas de Construcción modulares de fabricación, venta e importación en el país. A continuación se presentan los nombres de los 10 sistemas constructivos representados en dichas fichas: Bloques Modulares Integra, Bloques 15x20x30, Sistemas Constructivos CONVITEC, Bloque Patarrá Modular, Paneles Verticales de Concreto de 6x60 cm, Sistema Habicon, Sistemas Muro Seco, Sistema Panacor, Sistema Superbloque, y Prefa Modular.

Además, a nivel nacional también se pueden mencionar otras empresas y sistemas de construcción modulares. En Cartago se desarrolló otro sistema modular, HABICON. El sistema de construcción Habicon es un sistema modular integral abierto, diseñado y patentado por el CIVCO-ITCR, para construcciones prefabricadas de viviendas y edificios livianos de uno a cuatro pisos. (Pacheco, 2005) Otro sistema modular es el de mampostería con bloques tipo TEKNOBLOCK PC. Este diseño corresponde a la necesidad de contar con piezas que permitan realizar fácilmente la intersección entre paredes entre sus mismas piezas. Los bloques de la familia TEKNOBLOCK son modulares, es decir, sus dimensiones a centros de juntas son siempre múltiplos del módulo básico M. (Productos de Concreto, 2008)

Existen además diversos documentos que hablan sobre el desperdicio en las construcciones y la necesidad de tomar medidas al respecto:

Un artículo que habla sobre el desperdicio de material en las construcciones desde otro enfoque es el de Soibelman, L. (2003). Se define desperdicio: si un recurso se usa de más y no está generando un valor agregado o un valor al producto final. Un desperdicio no solo es material, también lo son el equipo, el trabajo, la mano de obra, el capital, y todo lo que se usa más de lo necesario en el proceso de producción. Esta investigación tiene la particularidad de cuantificar el material que se desperdicia en la obra, esto quiere decir cuánto material no necesario es puesto en la obra ya sea por no confiar plenamente en el material o por no construir con las especificaciones planteadas. Por ejemplo la cantidad de cemento desperdiciado por hacer una losa de 12 cm en vez de 11 cm como estaba estipulado en los planos.

Uno de los documentos que se aproxima al tema en cuestión es el de Leandro, A. G. (2008). Este artículo es realizado por la escuela de Ingeniería de la Construcción del ITCR. Este enfatiza el manejo de los desechos en construcciones y como se deben de implementar las cuatro Rs de la basura (reciclar, reducir, recuperar y reutilizar). Por medio de la implementación de políticas de manejo y gestión de los desechos las empresas constructoras y sus proyectos tendrán la oportunidad de economizar dinero, reducir costos, entre otros. Este documento es parte de una de las etapas del proyecto de investigación Administración y Manejo de los desechos en construcción.

Otro documento realizado en Costa Rica es el de Pujol, R. (1995). Resumen de Estudio de Generación de desechos en la construcción de viviendas de mampostería. Este es el resumen de una tesis realizada en la UCR que cuantifica el desperdicio de cuatro proyectos ubicados en la Urbanización de Cariari. Además menciona los porcentajes de desperdicio y también proporciona los datos en toneladas.

No solo éste documenta el desperdicio nacional sino también Salazar, C. (2007). Construcciones en Costa Rica desequilibran el medio ambiente. Durante los últimos años el sector de construcción del país se duplicó y esto se unió con el descuido del manejo de desechos; las construcciones de este país son el ejemplo de mal manejo de residuos. Cabe destacar que el desperdicio no solo se da con materiales concretos como la madera y el acero; también se da en servicios como agua y electricidad. En el documento se menciona un ejemplo de dos empresas nacionales que al poner en práctica medidas de control ahorraron alrededor de 2 500 000 colones al año.

Se han realizado distintas tesis que se investigarán a profundidad y se utilizarán como base teórica para el proyecto en cuestión, estas son:

1. (Rodríguez, 2007) Análisis del sistema constructivo de mampostería con énfasis en la medición de desperdicios.

La investigación determina mediante mediciones en campo, el desperdicio que se da en el sistema constructivo de mampostería en viviendas en serie, para ello se analizaron dos proyectos, uno que se construía con mampostería tradicional y el otro que se construía con mampostería modular, esto con el fin de compararlos. Simultáneamente se obtuvo la productividad obtenida de casa sistema.

2. (Serrano, 1989) Planificación y Modulación de la construcción.

El estudio agiliza por medio de una herramienta confiable, como lo es el programa de presupuestación, las soluciones que se requieren para determinar el costo de la vivienda para cada familia. Se logrará identificar el tipo de vivienda óptima para las familias de escasos recursos, así como el tamaño del lote, además se define el sistema constructivo que este tipo de familia requiere.

3. (Grant, 1990) Uso de la coordinación modular para el diseño y construcción de viviendas económicas de Costa Rica.

El trabajo es de un carácter introductorio para familiarizar al diseñador con el uso de componentes modulares en el diseño y la construcción de viviendas, desde un punto de vista dimensional, sin tomar en cuenta aspectos de resistencia o arquitectura.

4. (Echandi, 1996) Los encofrados, la modulación y reutilización.

El análisis se realiza sometiendo una determinada estructura de un edificio a ser encofrada por tres sistemas diferentes, para encontrar cual es el de menor costo y cuál es el más eficiente. Se elabora un diseño del encofrado y con base en el diseño se realiza un presupuesto de materiales y de mano de obra para cada uno de los tres sistemas y se obtienen los datos que permitan realizar una comparación de costos y de tiempos.

5. (Matamoros, 1993) Aplicación de un programa de computación a la coordinación modular en construcciones a base de mampostería integral.

En este trabajo se diseña un programa de cómputo, en lenguaje AUTOLISP, para ser utilizado con el software de AUTOCAD Release 10, que facilita la elaboración de los planos. En estos se detalla la ubicación de los distintos bloques a lo largo de toda la distribución de la vivienda y para cada una de las hiladas; considerando las distintas aberturas de puertas y ventanas.

6. (Hernández, 2008) Comparación de rendimientos en construcciones de mampostería de bloques de concreto, entre el método aplicando el concepto de construcción sostenible y el método tradicional.
El presente estudio plantea una comparación entre construcciones de mampostería de bloques de concreto, aplicando el concepto de construcción sostenible y el método tradicional. Se cuantifico por medio de mediciones de campo los rendimientos de la mano de obra en la colocación de bloques de concreto y encofrados, la productividad de los bloques de concreto y la generación de desperdicio en los bloques de concreto para ambos sistemas. Adicionalmente se realizo un análisis cualitativo que refleja la calidad en el proceso constructivo y la obra terminada.

7. (Santana, 2007) Aplicación de la coordinación modular a sistemas de ventanería en Costa Rica.
Este trabajo utiliza el método de coordinación modular para optimizar el tamaño del perfil extruido del sistema de ventanería tipo Europa de la empresa Extralum. Se realizo un investigación bibliográfica sobre el tema de la coordinación modular, se definió el modulo base a utilizar para el análisis de ventaría Europa. De este análisis se definieron los tamaños de ventanas más utilizados para proponer el tamaño óptimo de extrusión del perfil.

8. (Villavicencio, 1988) Hacia un sistema modular para la vivienda de interés social.
Este proyecto está dirigido a diseñar un sistema constructivo de concreto prefabricado para la vivienda de bajo costo en áreas urbanas. Este busca contribuir al mejoramiento no solo de la vivienda de interés social, a través de la racionalización de su construcción, sino también del espacio urbano.

4. Análisis: Prototipos Originales

Tipologías de vivienda utilizadas

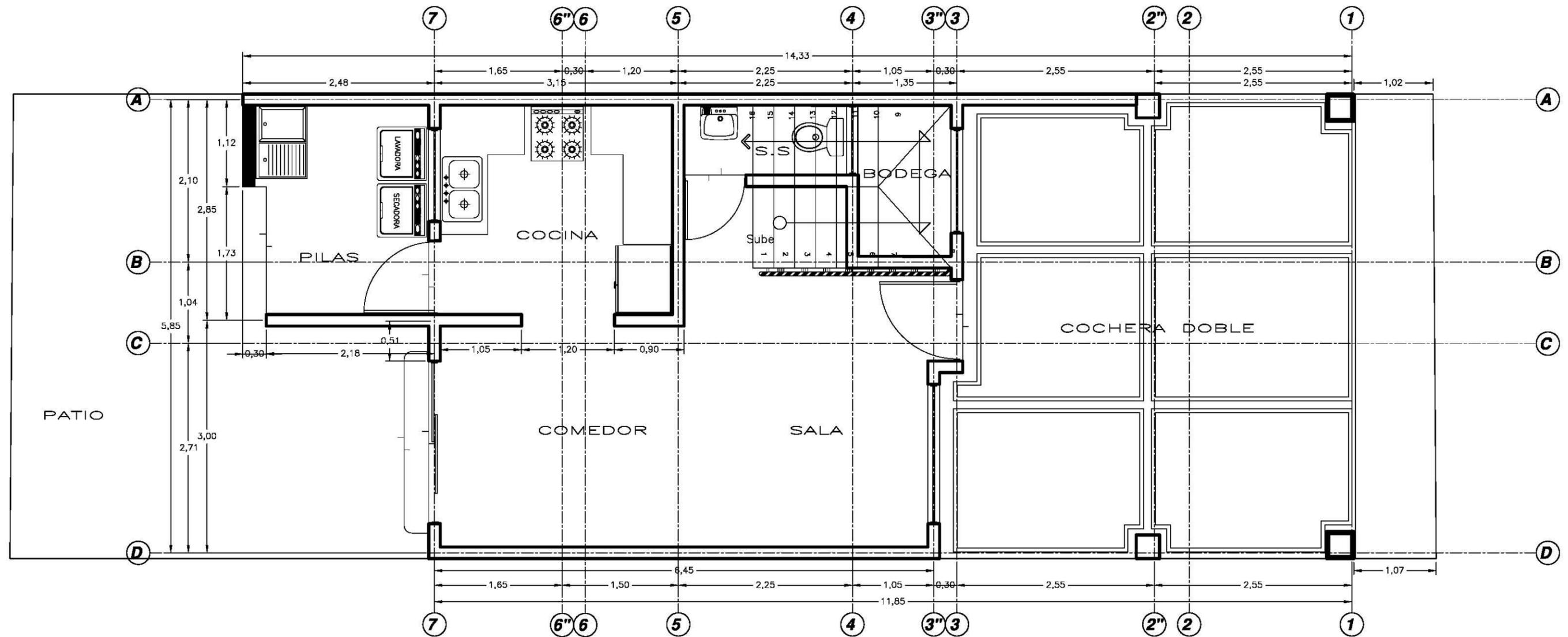
En esta sección se documentará toda la información proporcionada por la Empresa A y todo lo observado en campo. En este caso la observación en el campo se realizó durante Febrero y Marzo del 2010 en uno de los proyectos habitacionales de dicha compañía. La empresa trabaja en este residencial normalmente con 4 tipologías de vivienda, las cuales se presentan a continuación. Estos prototipos utilizan el bloque de concreto tipo TEKNOBLOCK de las siguientes dimensiones: 15x20x45, 15x20x30 y 15x20x15. Existen algunas tipologías únicas diseñadas basándose en los lotes remanentes de la totalidad de terreno de la urbanización; estos casos no se analizarán pues sus construcciones son únicas o de muy pocas repeticiones.

- **Lotes:** las dimensiones de los lotes propuestos por esta compañía son múltiplos del TEKNOBLOCK. Esto quiere decir que van en aumento de 15 cm, por ejemplo los tamaños utilizados son: 6.00 m, 6.45 m. de ancho. Estas medidas no se modificaron pues 6.00 m cumple con los parámetros de la Coordinación Modular y 6.45 m se puede posicionar en la cuadrícula modular a cada 3M. Sin embargo se recomienda la utilización de lotes cuyo ancho sea múltiplo de 3M como 6.00 m, 6.30 m, 6.60 m etc. Igualmente el largo de la construcción debería ser múltiplo de 3M.
- **Muebles:** las dimensiones de los muebles de cocina y closets se mantuvieron iguales. Estos miden 60 cm de ancho por lo tanto calzan perfectamente con la cuadrícula modular a cada 3M.

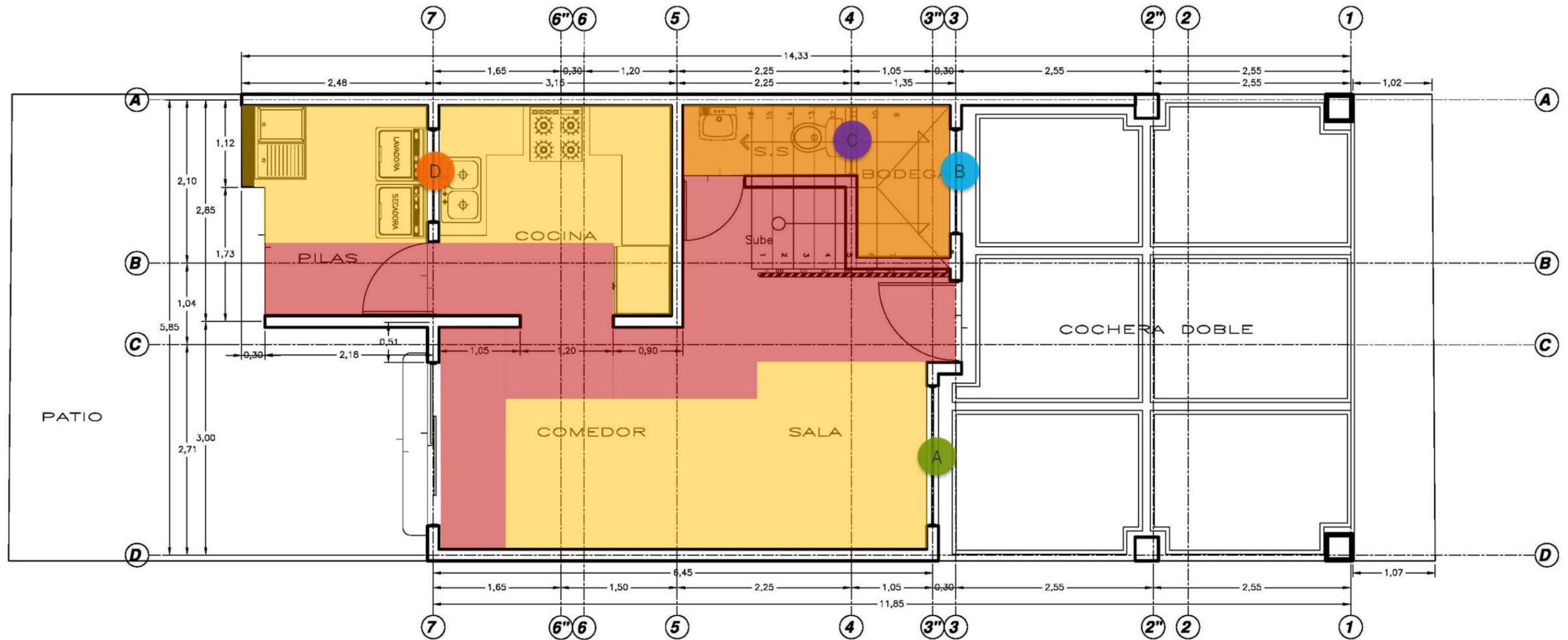
Casa 1

Esta vivienda es de dos pisos y cuenta con 3 dormitorios, dos baños y medio, sala, comedor, cocina, pilas, bodega y garaje para dos vehículos. El área total de construcción es de 136 m² y de 105 m² sin incluir el garaje. Esta tipología es una de las más construidas por ser la más espaciosa. En el campo se encontró una modificación a los planos originales pues algunos lotes tienen medidas distintas y son más anchos. Básicamente es la misma distribución nada más que las áreas son más amplias.

Casa 1 planta baja _ escala 1:50

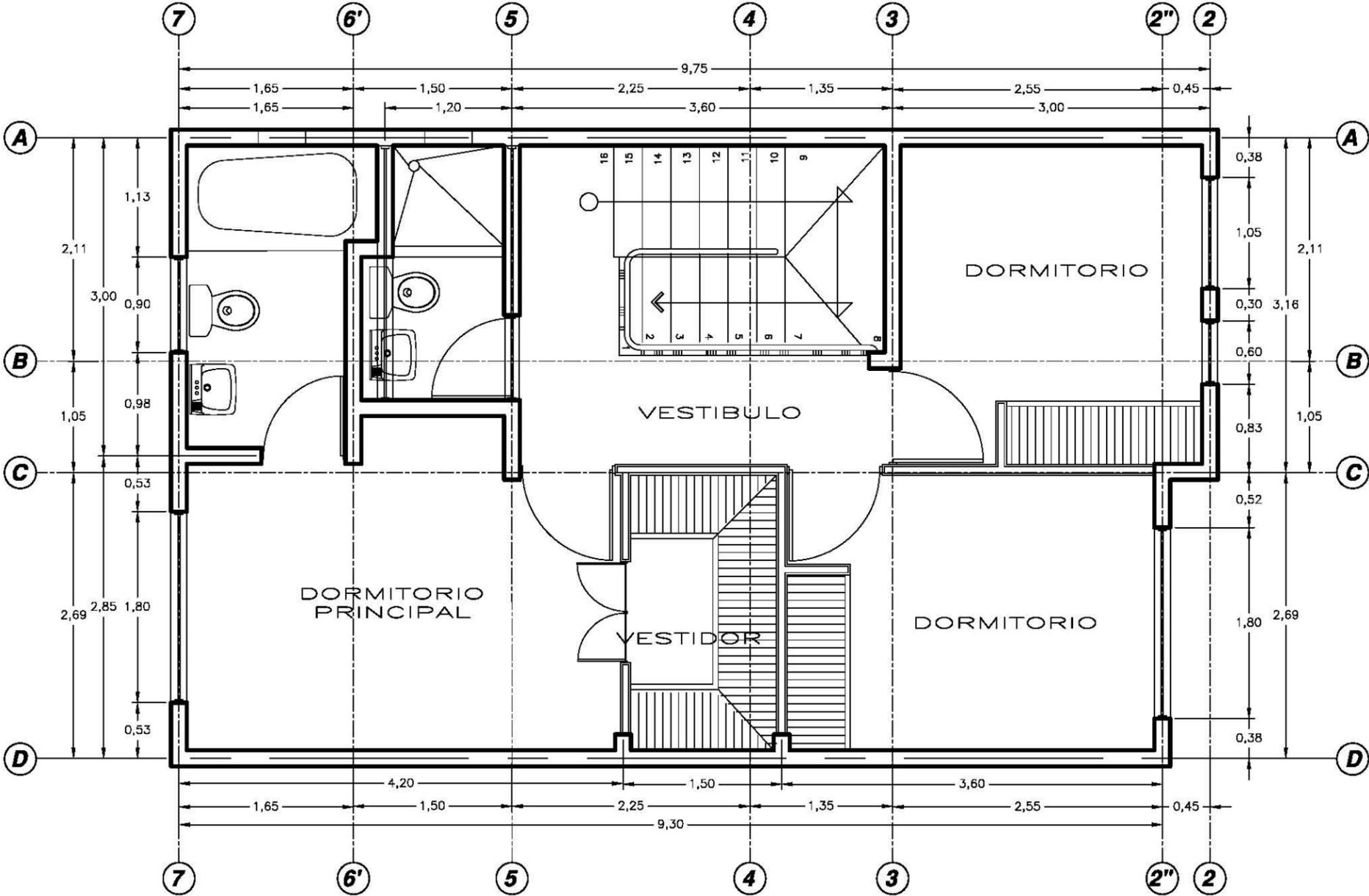


Casa 1 planta baja_ escala 1:50_ Análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas

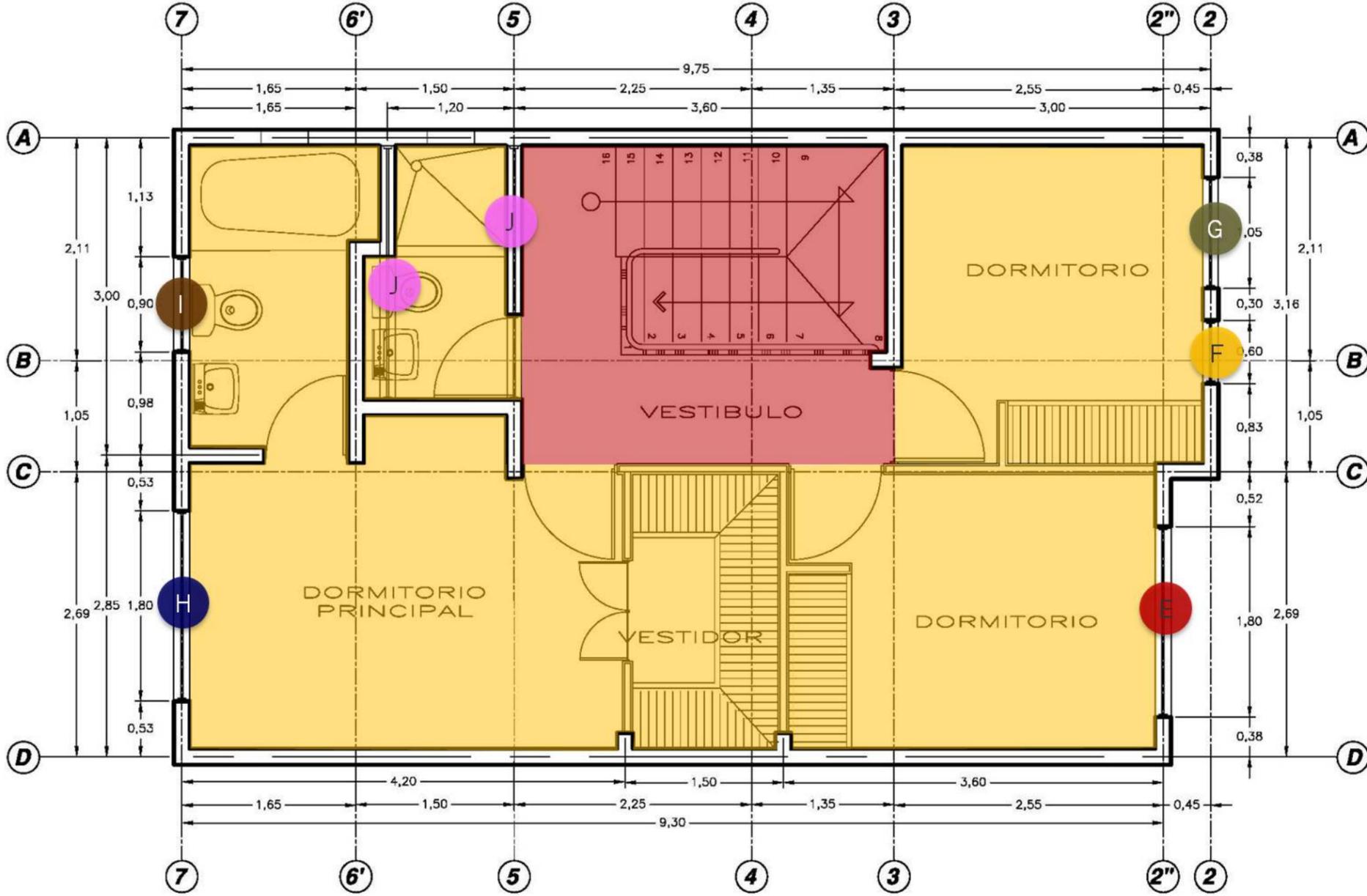


Simbología: área útil área de circulación

Casa 1 planta alta_ escala 1:50



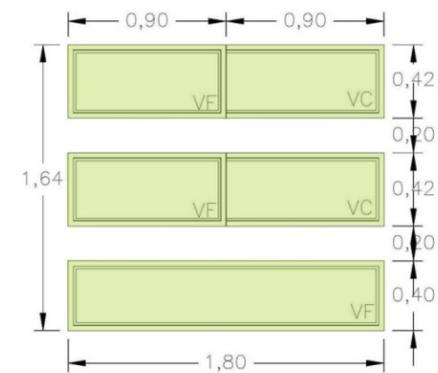
Casa 1 planta alta_ escala 1:50_ Análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas



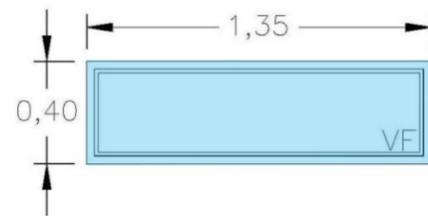
Simbología: área útil área de circulación

Análisis de ventanería casa 1

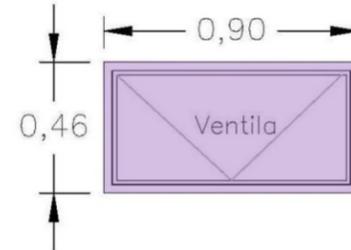
A
 Ubicación: SALA
 Dimensión: 1800 mm x 1640 mm
 Cantidad: 1



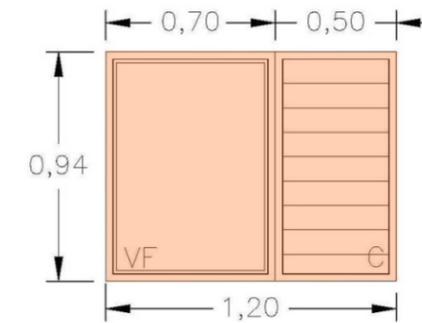
B
 Ubicación: BODEGA
 Dimensión: 1350 mm x 400 mm
 Cantidad: 1



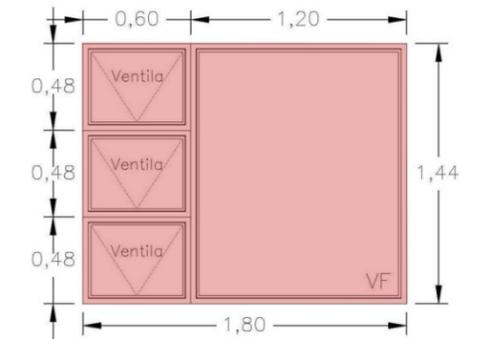
C
 Ubicación: S.S. VISITAS
 Dimensión: 900 mm x 460 mm
 Cantidad: 1



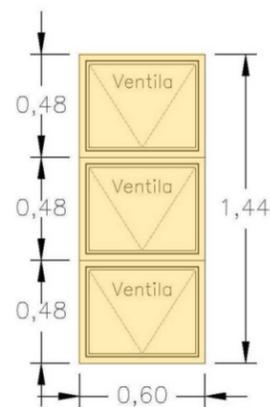
D
 Ubicación: COCINA
 Dimensión: 1200 mm x 940 mm
 Cantidad: 1



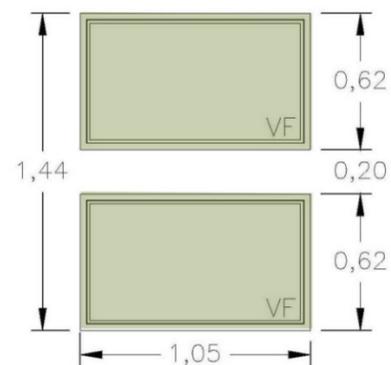
E
 Ubicación: DORM. 2
 Dimensión: 1800mm x 1440 mm
 Cantidad: 1



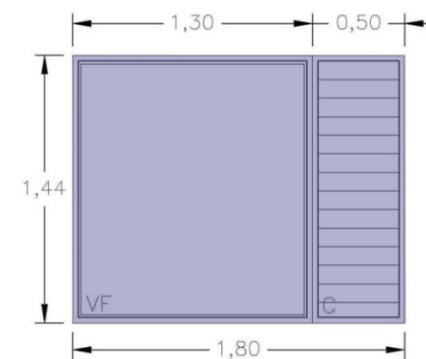
F
 Ubicación: DORM. 3
 Dimensión: 600 mm x 1440 mm
 Cantidad: 1



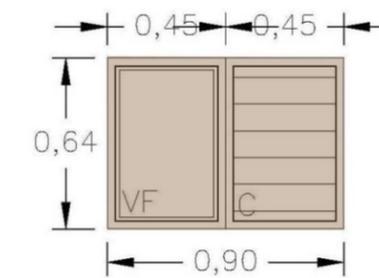
G
 Ubicación: DORM. 3
 Dimensión: 1050 mm x 1440 mm
 Cantidad: 1



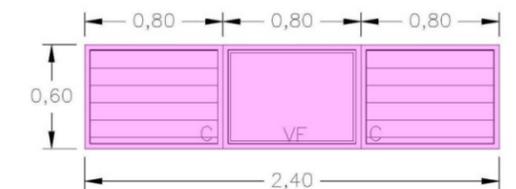
H
 Ubicación: DORM. PRIN.
 Dimensión: 1800 mm x 1440 mm
 Cantidad: 1



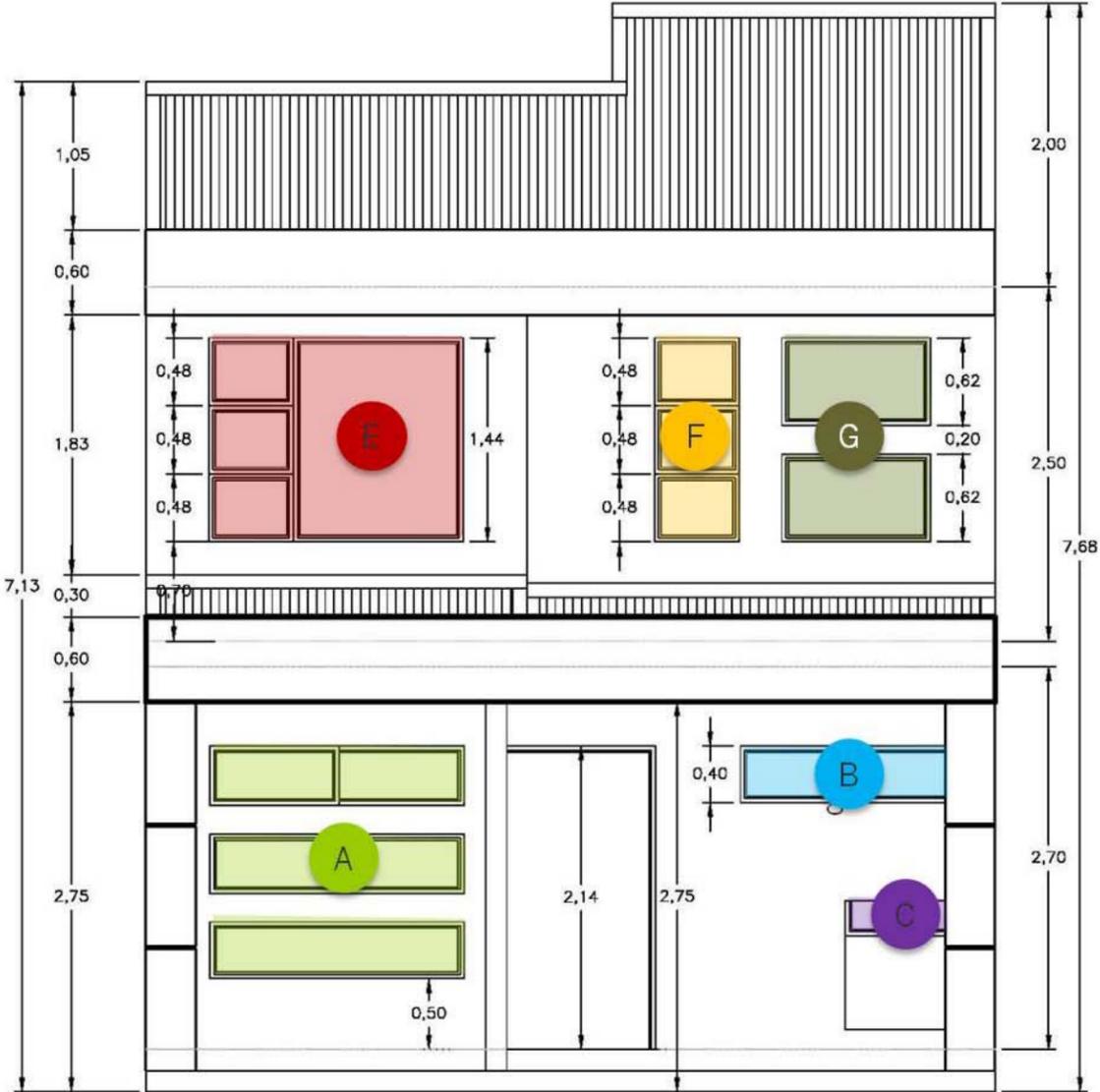
I
 Ubicación: S.S. PRIN.
 Dimensión: 900 mm x 640 mm
 Cantidad: 1



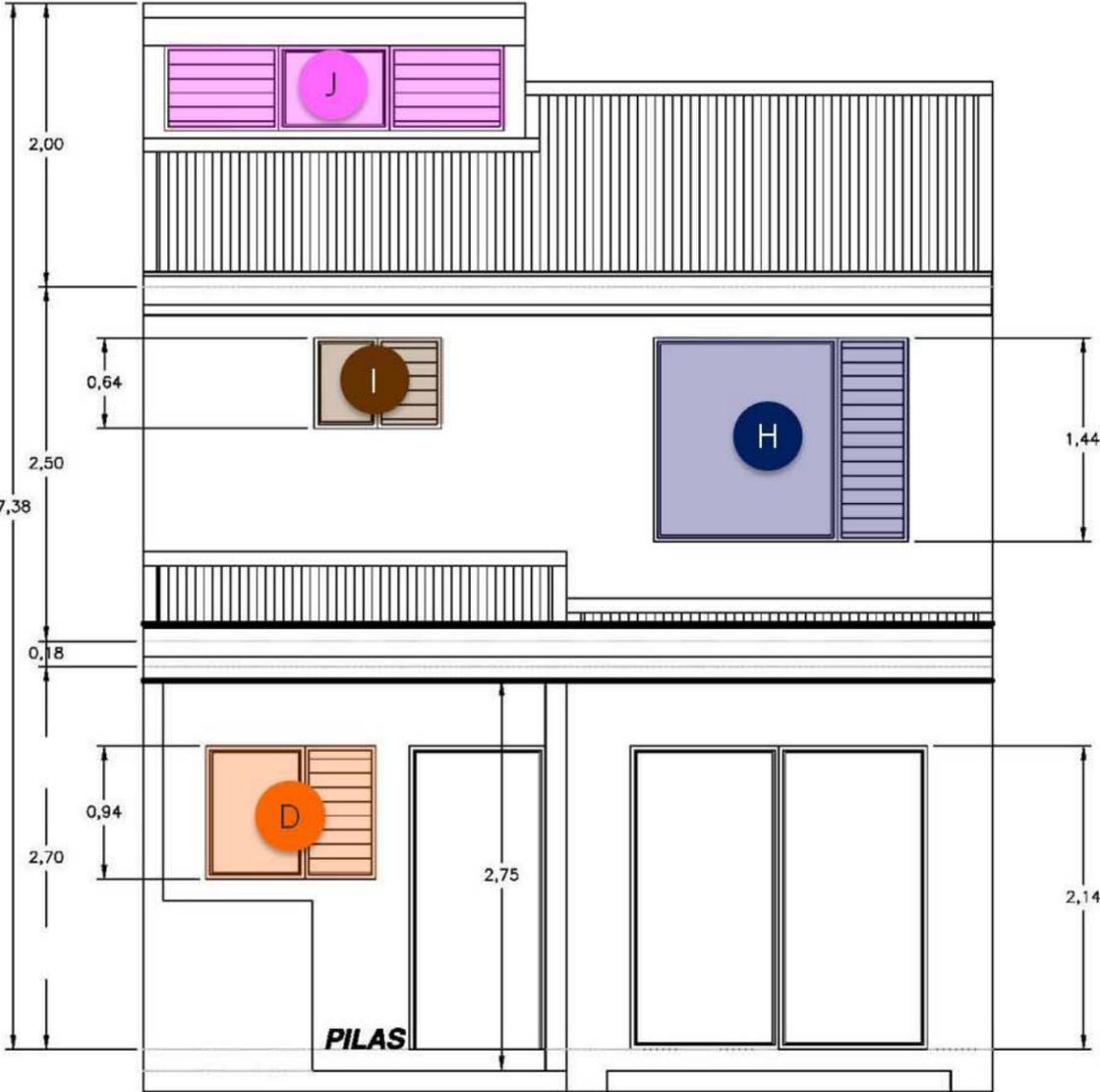
J
 Ubicación: S.S. 2, S.S 2
 Dimensión: 2400 mm x 600 mm
 Cantidad: 2



Casa 1 fachadas_ escala 1:50_ Ubicación de ventanas



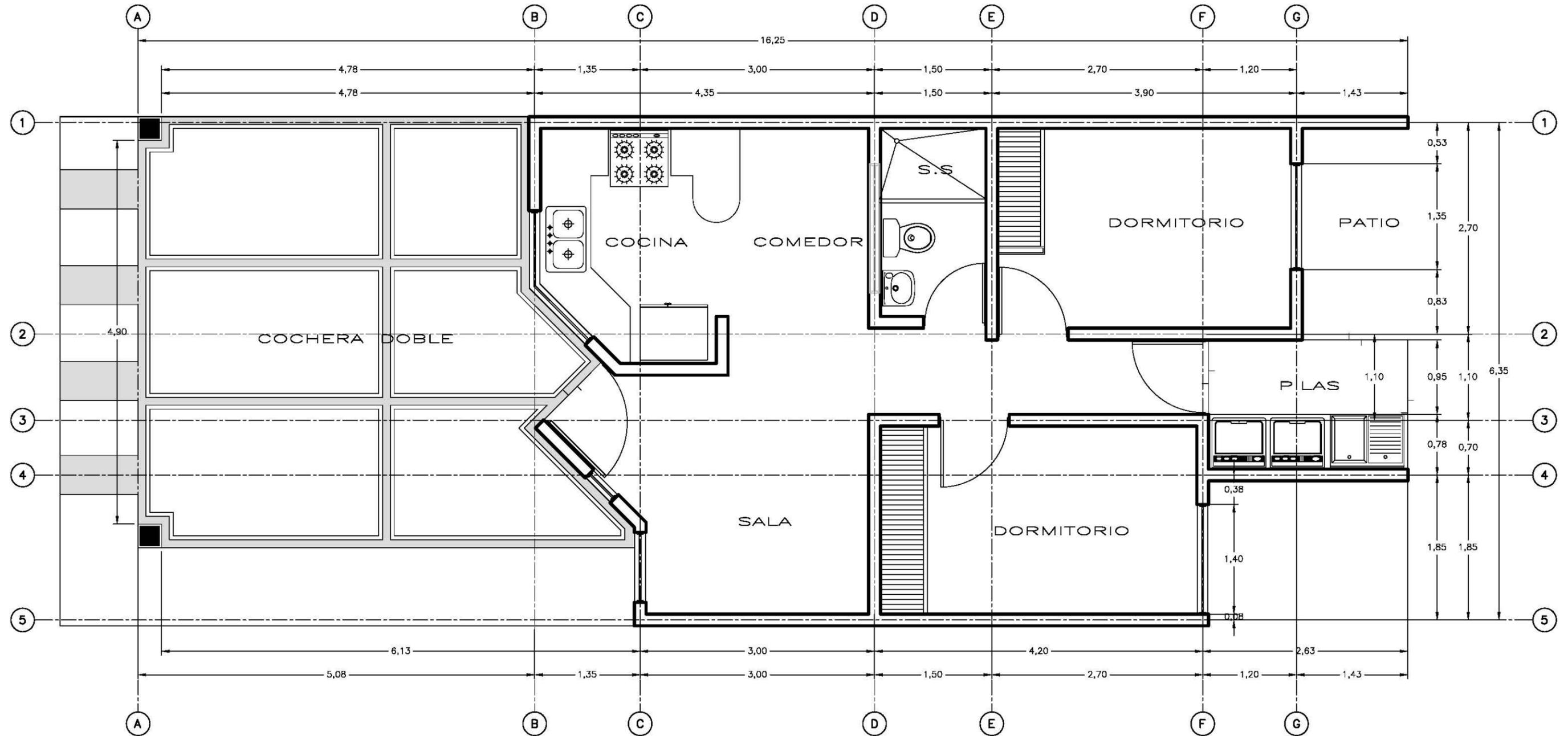
Fachada principal



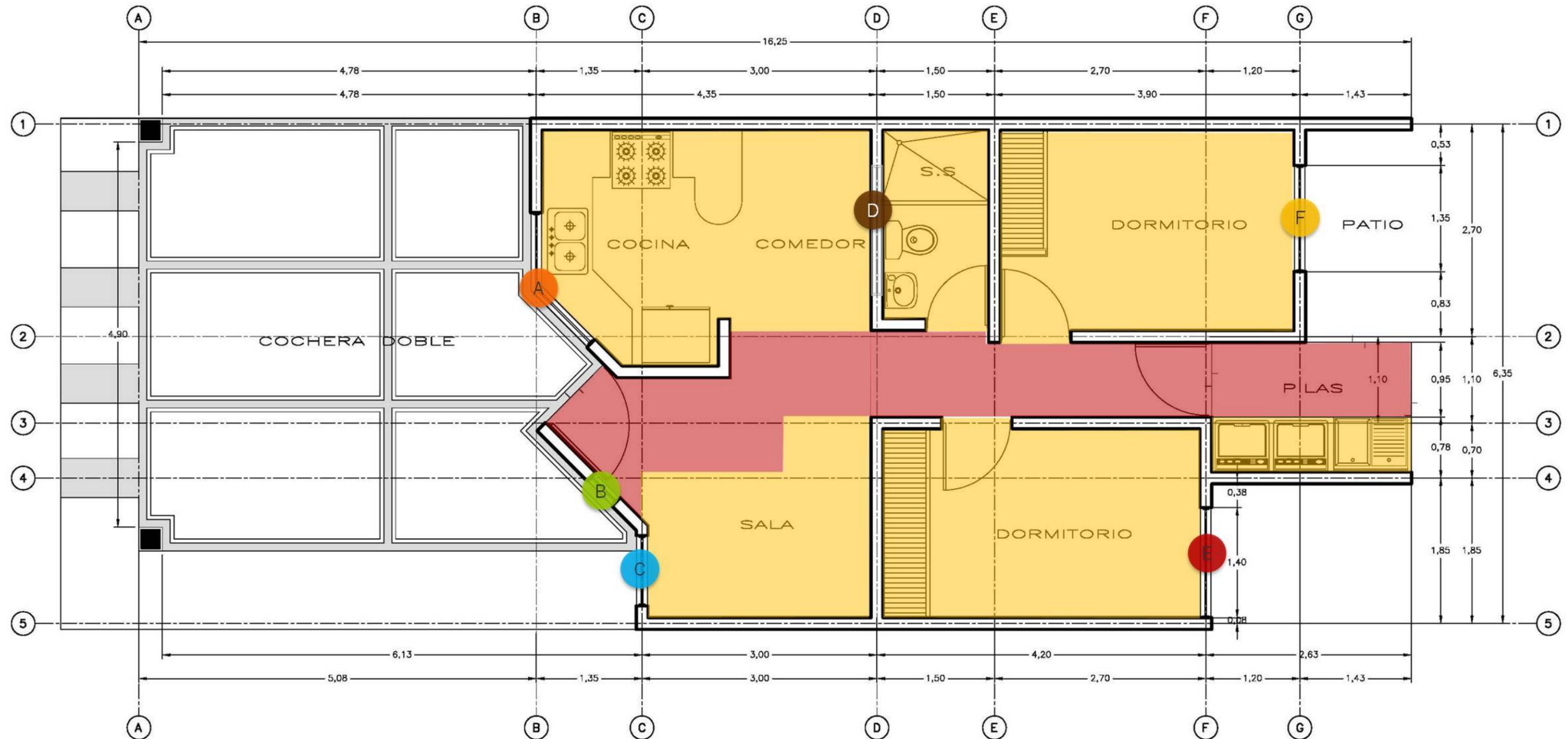
Fachada posterior

Casa 2 Esta vivienda es de una planta y cuenta con 2 dormitorios, un baño completo, sala, cocina comedor, pilas y garaje para dos vehículos. El área total de construcción es de 90 m² y de 61m² sin tomar en cuenta el garaje. Esta tipología se construyó básicamente solo en la primera etapa del proyecto.

Casa 2 _ escala 1:50



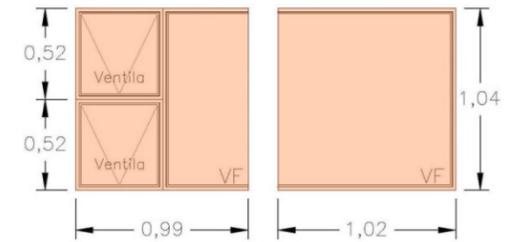
Casa 2 _ escala 1:50_ Análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas



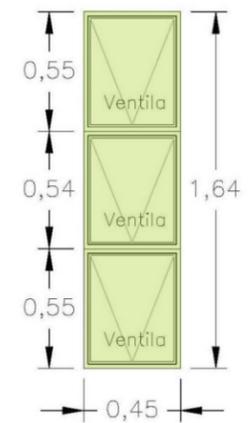
Simbología: área útil área de circulación

Análisis de ventanería casa 2

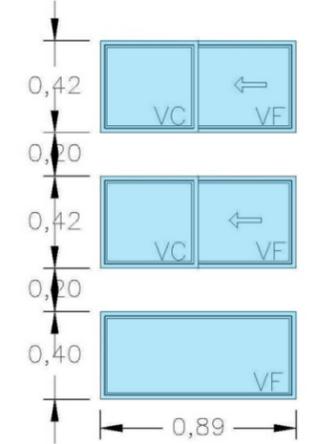
A
 Ubicación: COCINA
 Dimensión: 2010 mm x 1040 mm
 Cantidad: 1



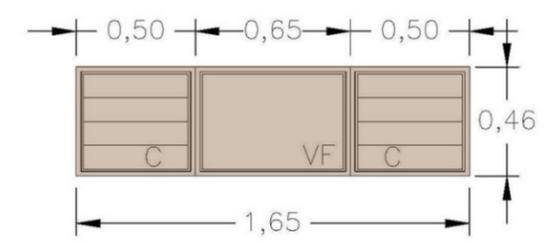
B
 Ubicación: SALA
 Dimensión: 450 mm x 1640 mm
 Cantidad: 1



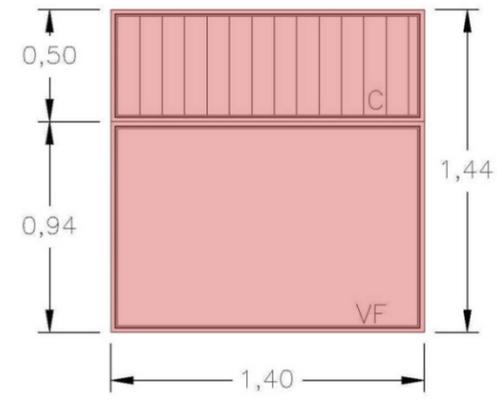
C
 Ubicación: SALA
 Dimensión: 890 mm x 1640 mm
 Cantidad: 1



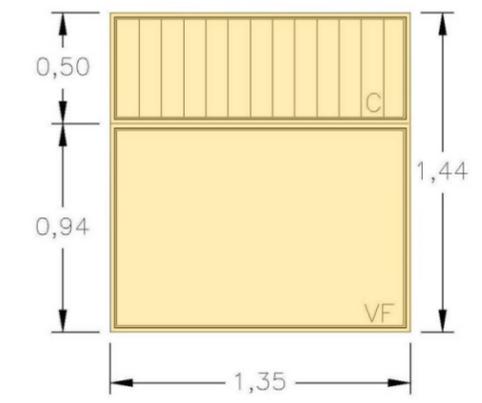
D
 Ubicación: S.S.
 Dimensión: 1650 mm x 460 mm
 Cantidad: 1



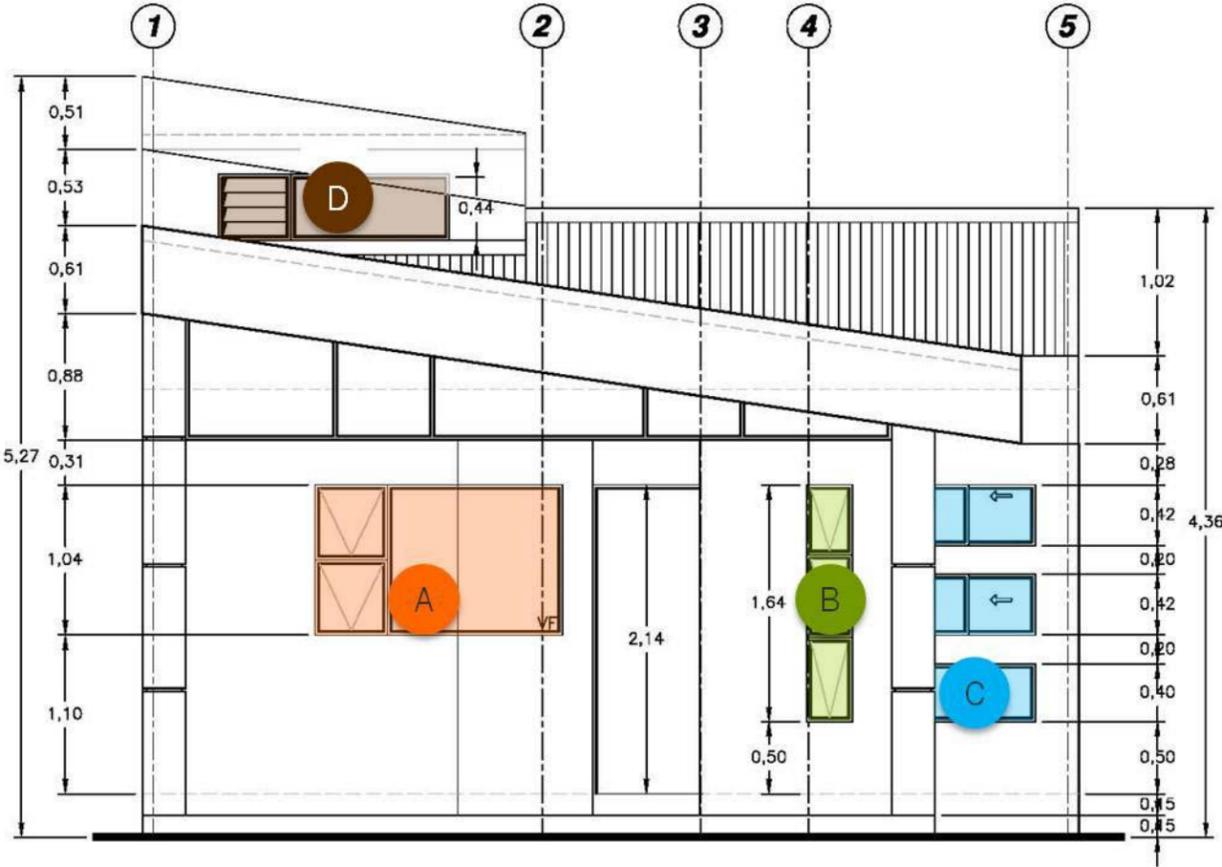
E
 Ubicación: DORM. PRIN.
 Dimensión: 1400 mm x 1440 mm
 Cantidad: 1



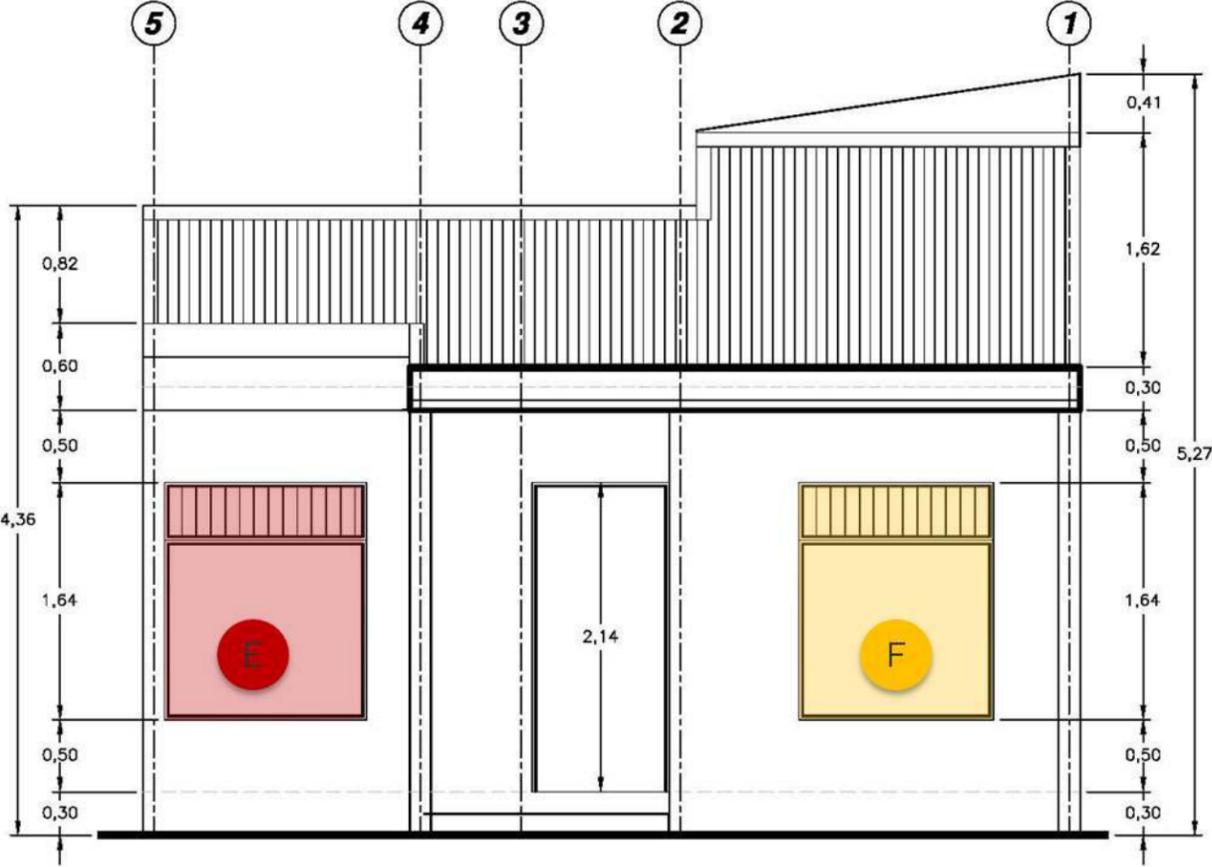
F
 Ubicación: DORM. 2
 Dimensión: 1350 mm x 1440 mm
 Cantidad: 1



Casa 2 fachadas_ escala 1:50_ Ubicación de ventanas



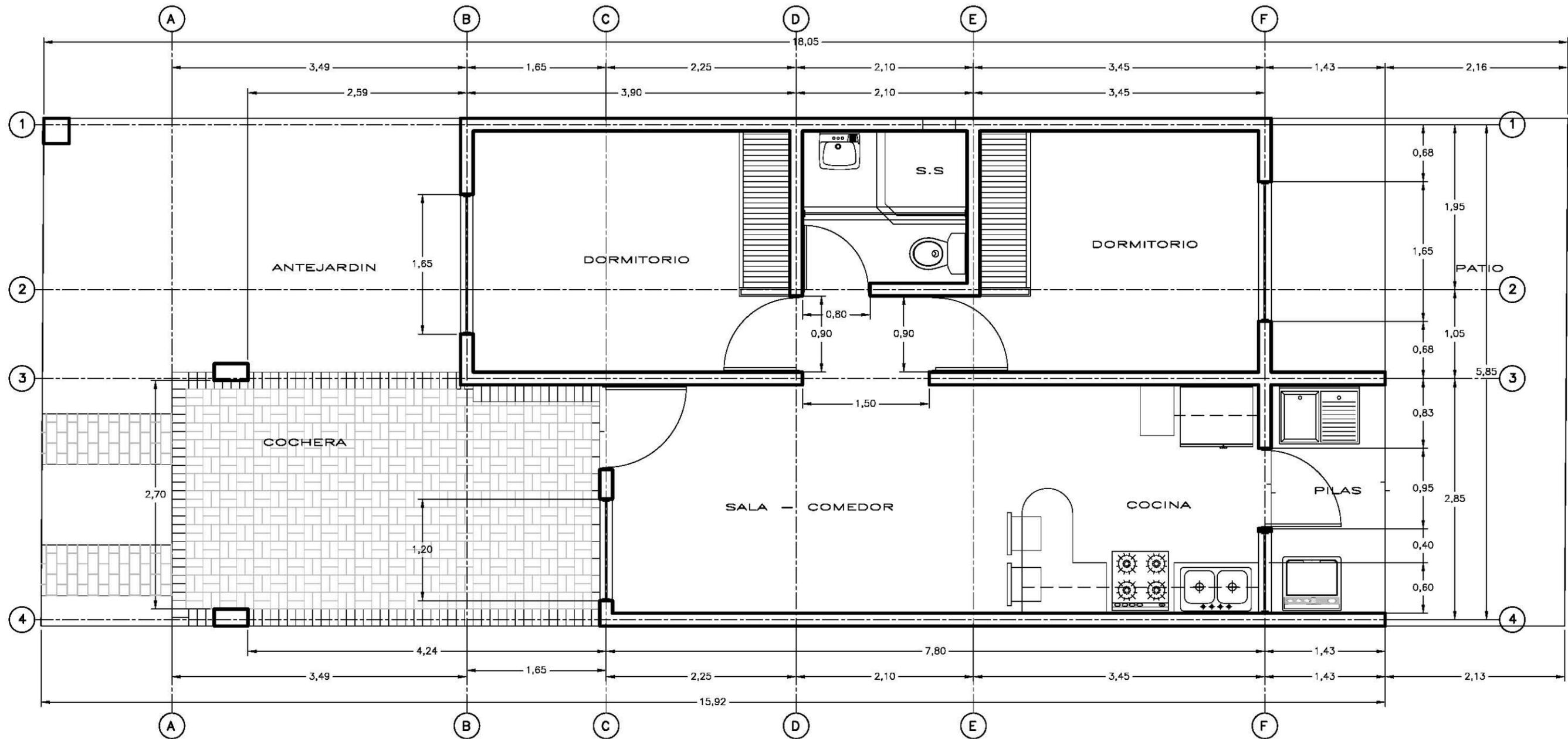
Fachada principal



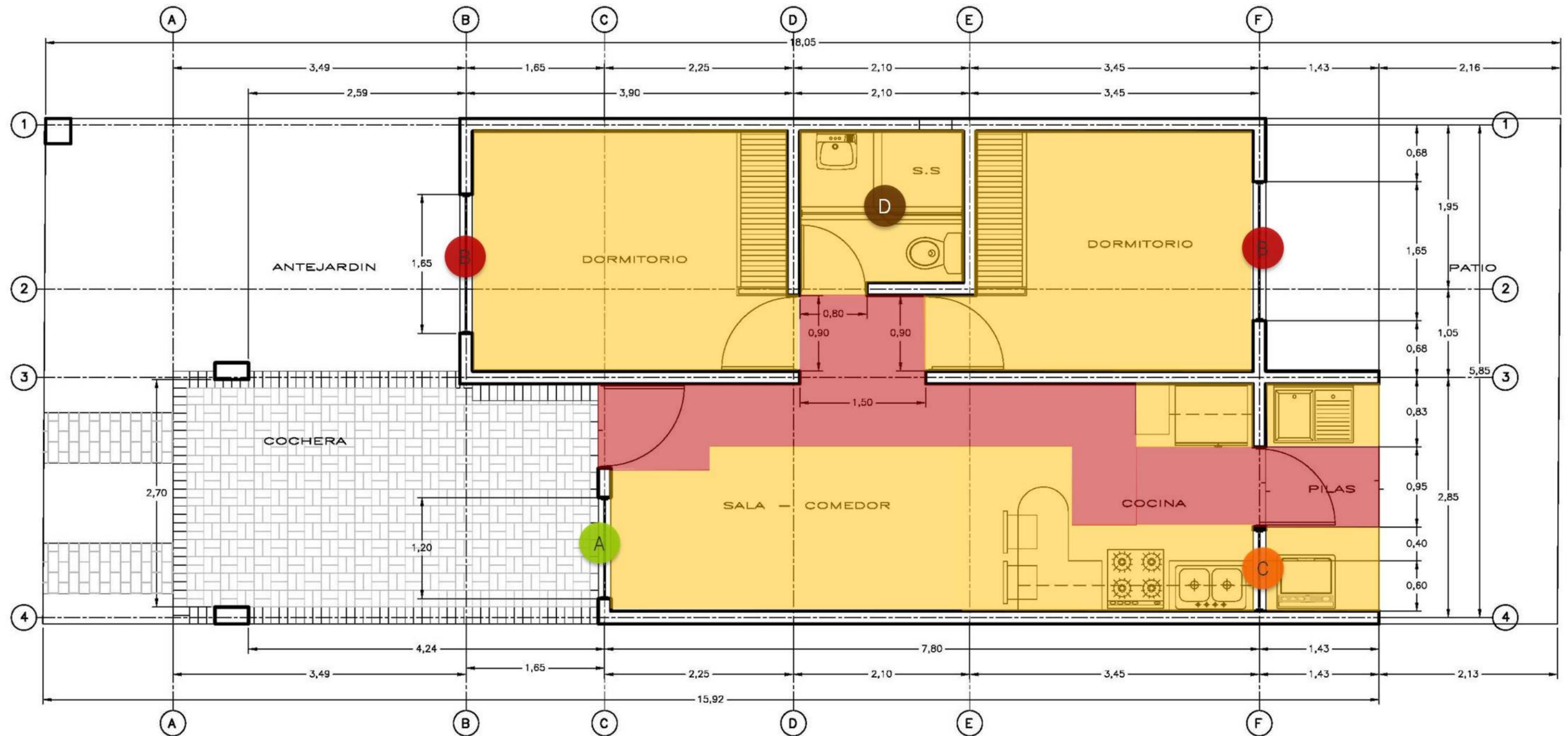
Fachada posterior

Casa 3 Esta vivienda es de una planta y cuenta con 2 dormitorios, un baño completo, sala comedor, cocina, pilas y garaje para un vehículo. El área total de construcción es de 72 m² y de 57 m² sin incluir el garaje. La casa 3 es un de las viviendas más construidas. Presenta un diseño bastante simplificado y en las visitas al campo no se encontraron viviendas construidas que presentaran modificaciones a los planos originales. Lo anterior muestra que esta tipología de vivienda satisface las necesidades de los clientes.

Casa 3 _ escala 1:50



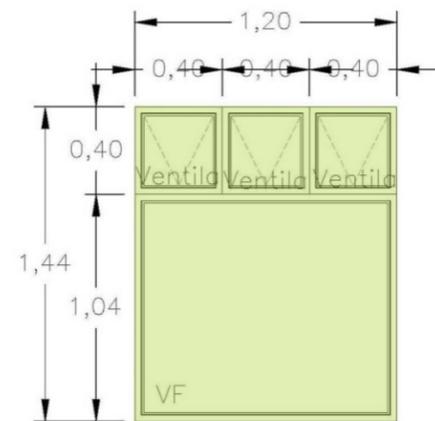
Casa 3 _ escala 1:50_ Análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas



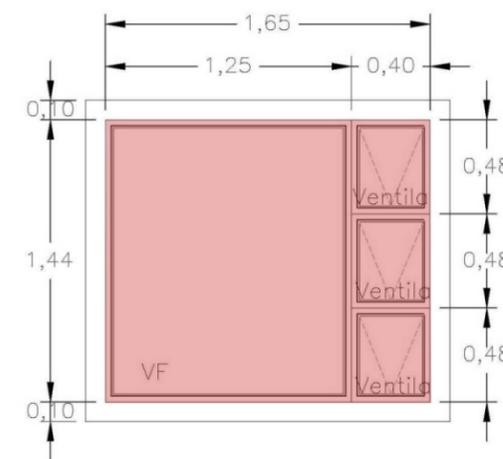
Simbología: área útil área de circulación

Análisis de ventanería casa 3

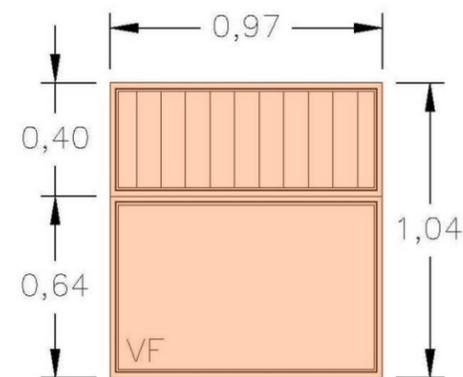
Ubicación: SALA
 Dimensión: 1200 mm x 1440 mm
 Cantidad: 1



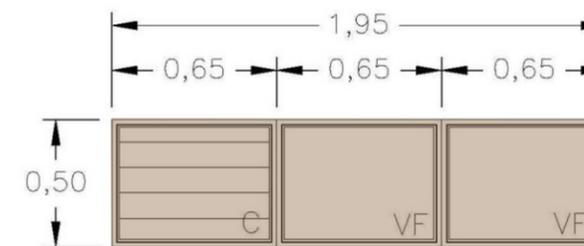
Ubicación: DORM. PRIN, DORM. 2
 Dimensión: 1650 mm x 1440 mm
 Cantidad: 2



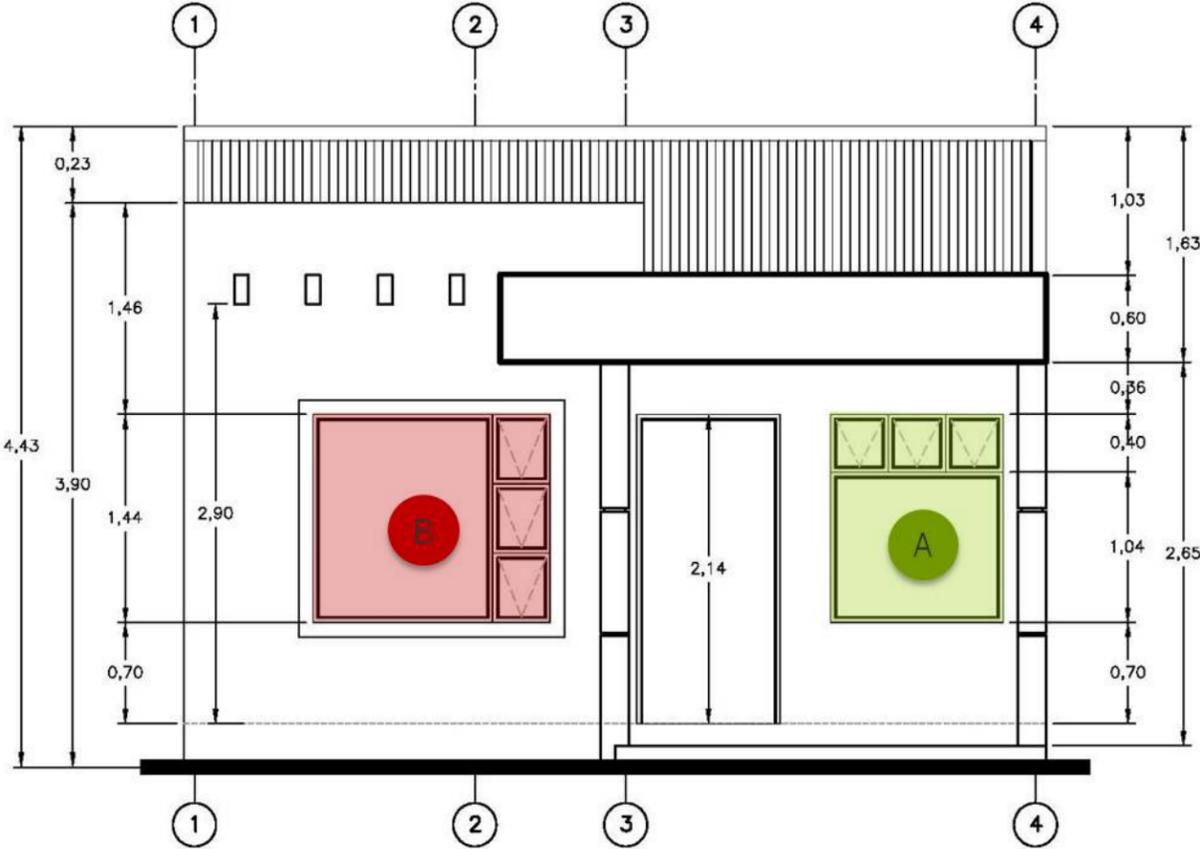
Ubicación: COCINA
 Dimensión: 970 mm x 1040 mm
 Cantidad: 1



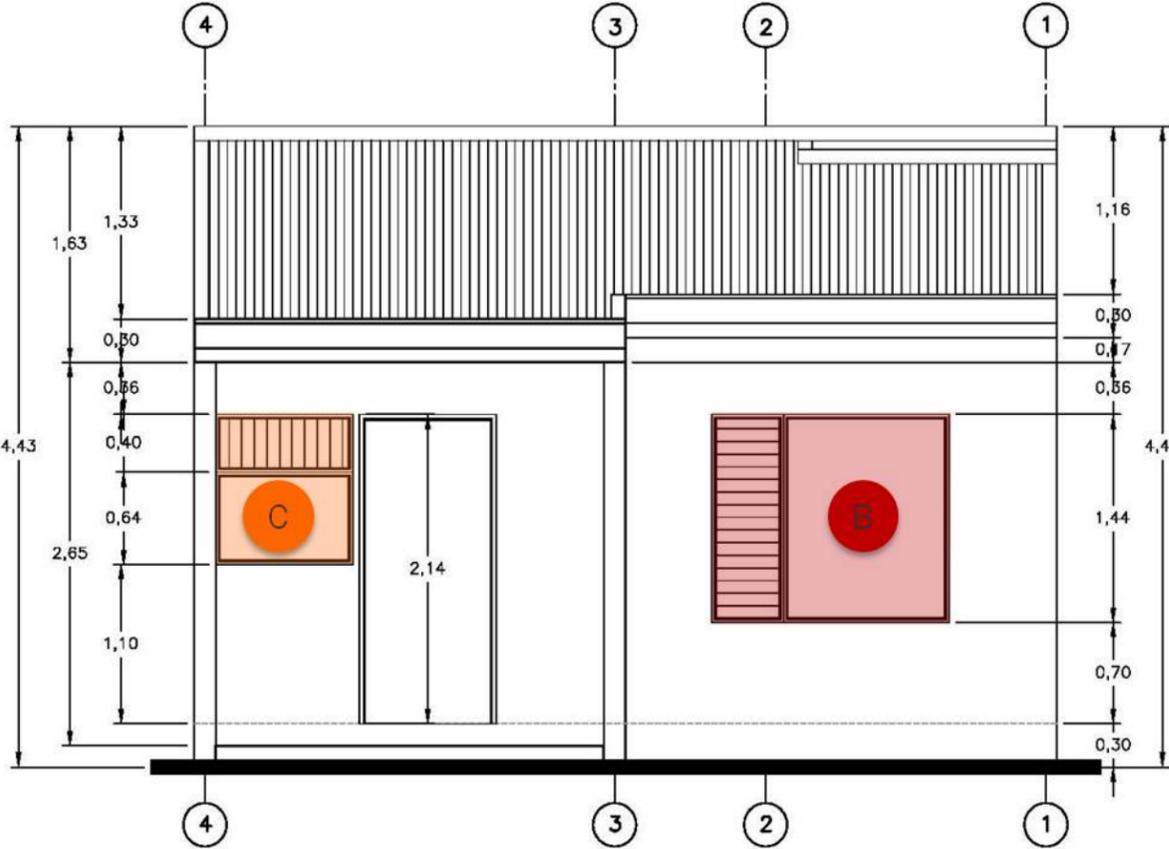
Ubicación: S.S.
 Dimensión: 1950 mm x 500 mm
 Cantidad: 1



Casa 3 fachadas_ escala 1:50_ Ubicación de ventanas



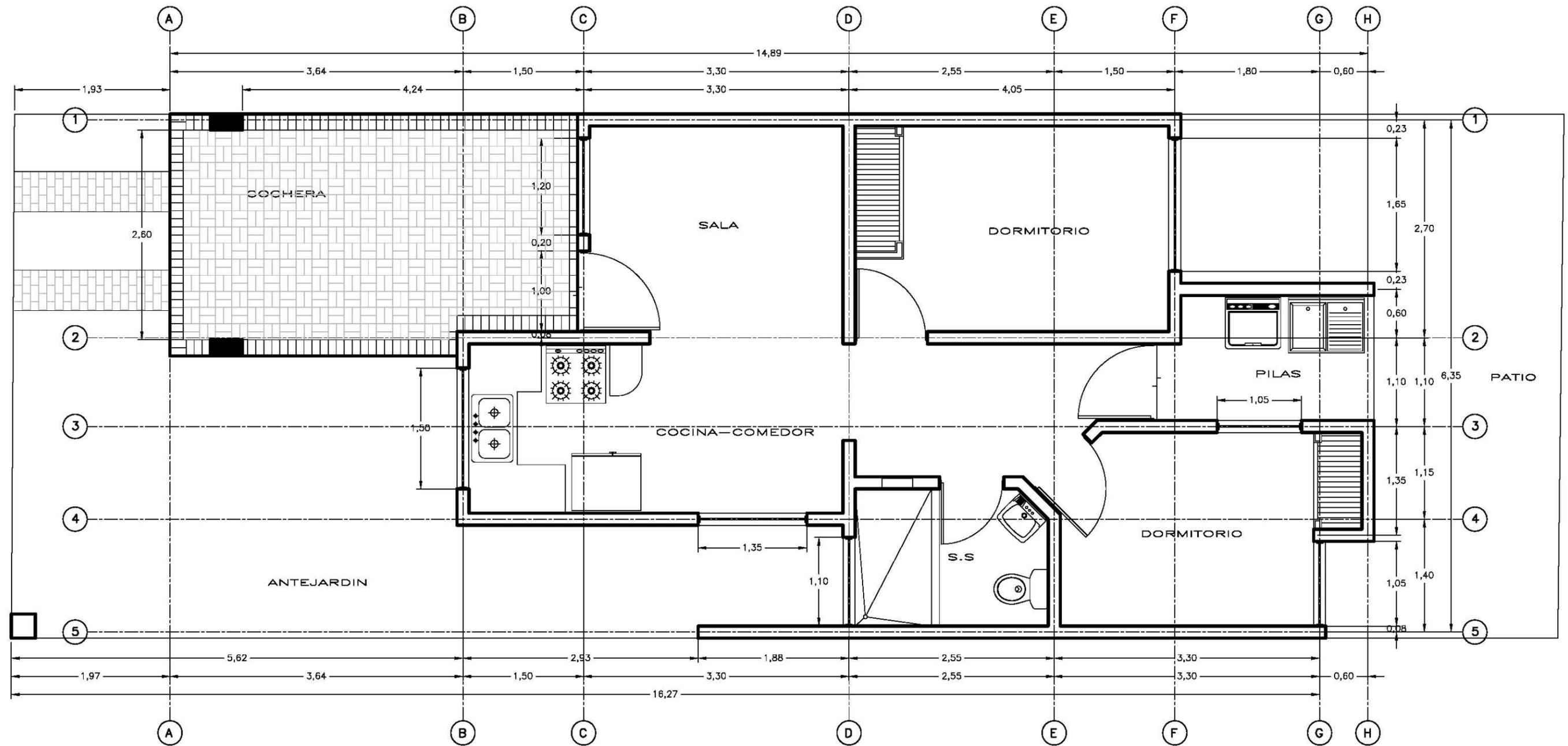
Fachada principal



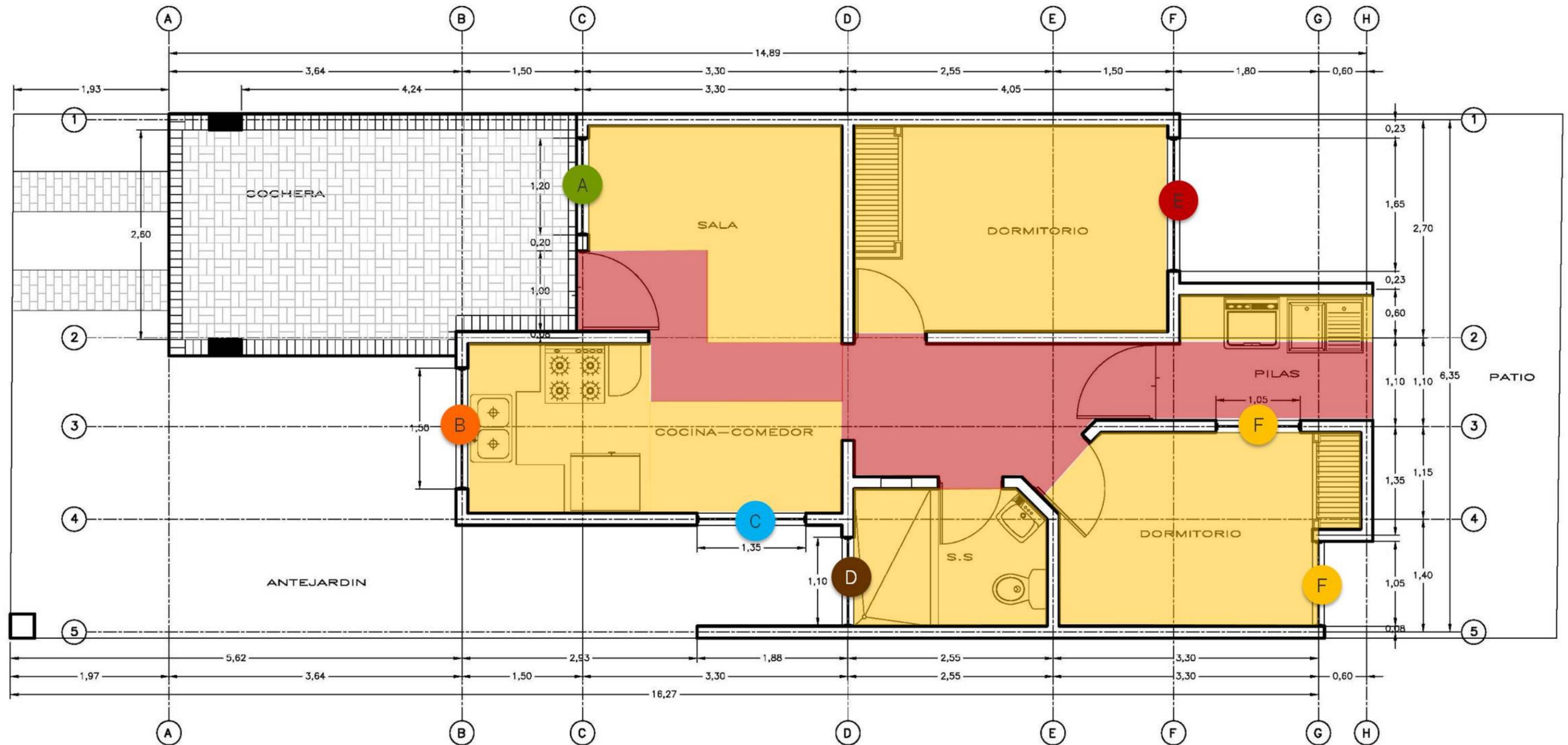
Fachada posterior

Casa 4 Esta vivienda es de una planta y cuenta con 2 dormitorios, un baño completo, sala, cocina comedor, pilas y garaje para un vehículo. El área total de construcción es de 72 m² y de 58m² sin tomar en cuenta el garaje. Esta tipología es una de las más construidas pero en su mayoría presenta alguna modificación, principalmente en el área de cocina o en la distribución de los dormitorios. Por lo tanto se pretende mejorar su distribución para optimizar los espacios existentes y poder proporcionar un diseño en cual se eviten los cambios observados.

Casa 4_ escala 1:50



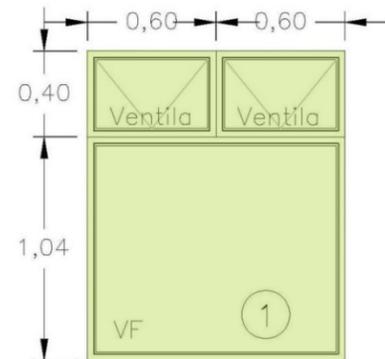
Casa 4 _ escala 1:50_ Análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas



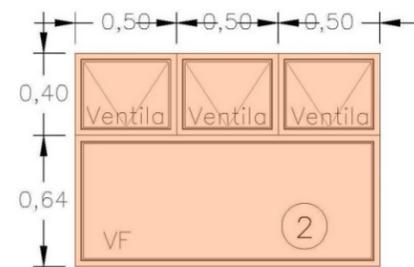
Simbología: área útil área de circulación

Análisis de ventanería casa 4

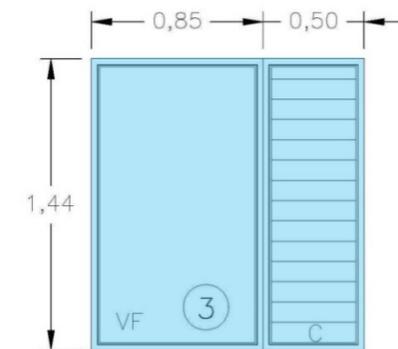
Ubicación: SALA
 Dimensión: 1200 mm x 1440 mm
 Cantidad: 1



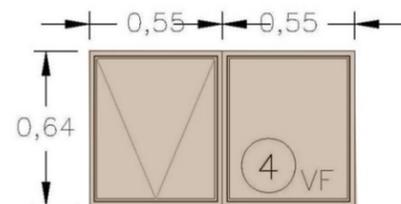
Ubicación: COCINA
 Dimensión: 1500 mm x 1040 mm
 Cantidad: 1



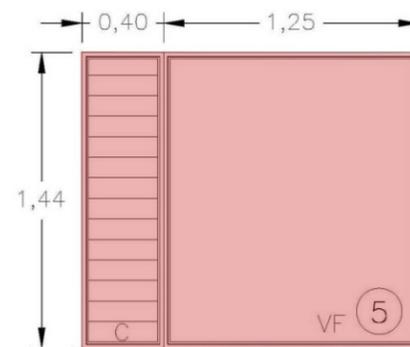
Ubicación: COMEDOR
 Dimensión: 1350 mm x 1440 mm
 Cantidad: 1



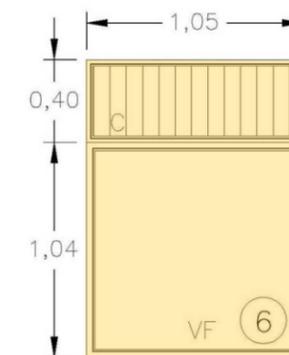
Ubicación: S.S
 Dimensión: 1100 mm x 640 mm
 Cantidad: 1



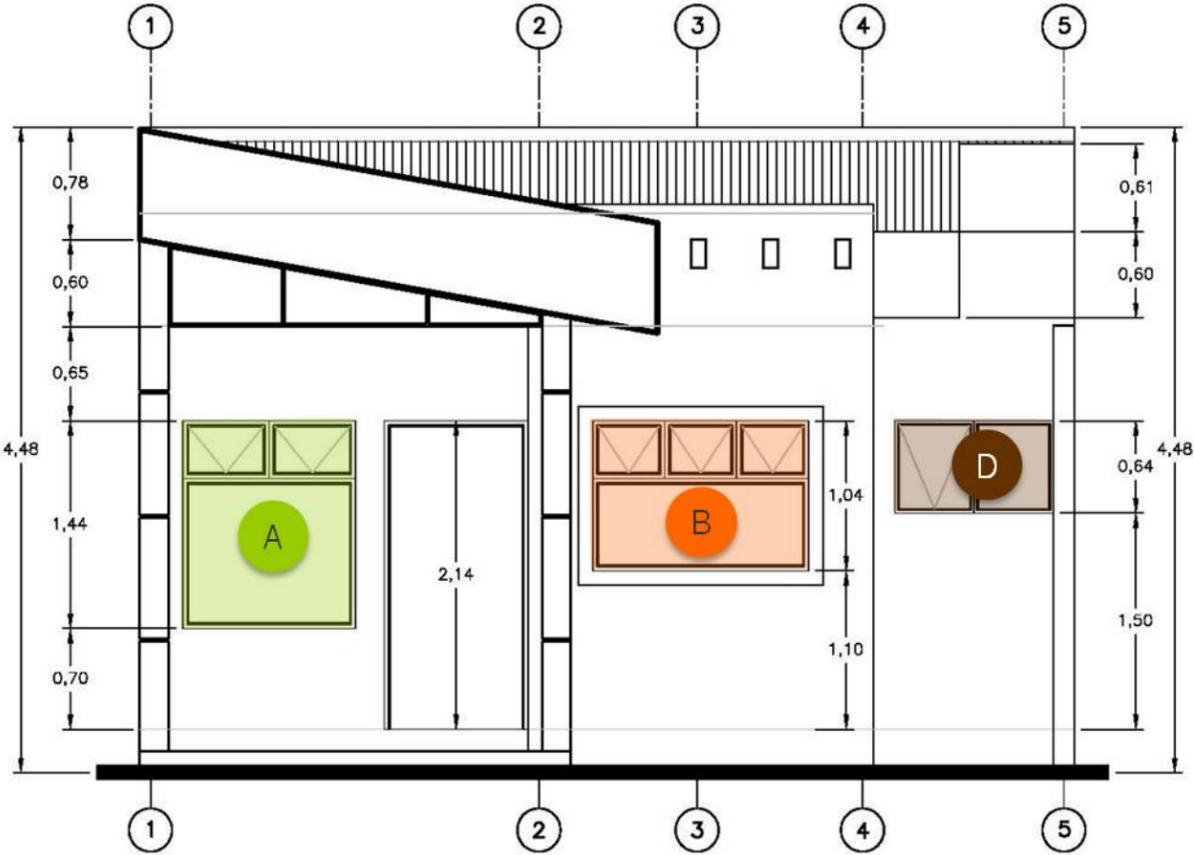
Ubicación: DORM. PRIN.
 Dimensión: 1650 mm x 1440 mm
 Cantidad: 1



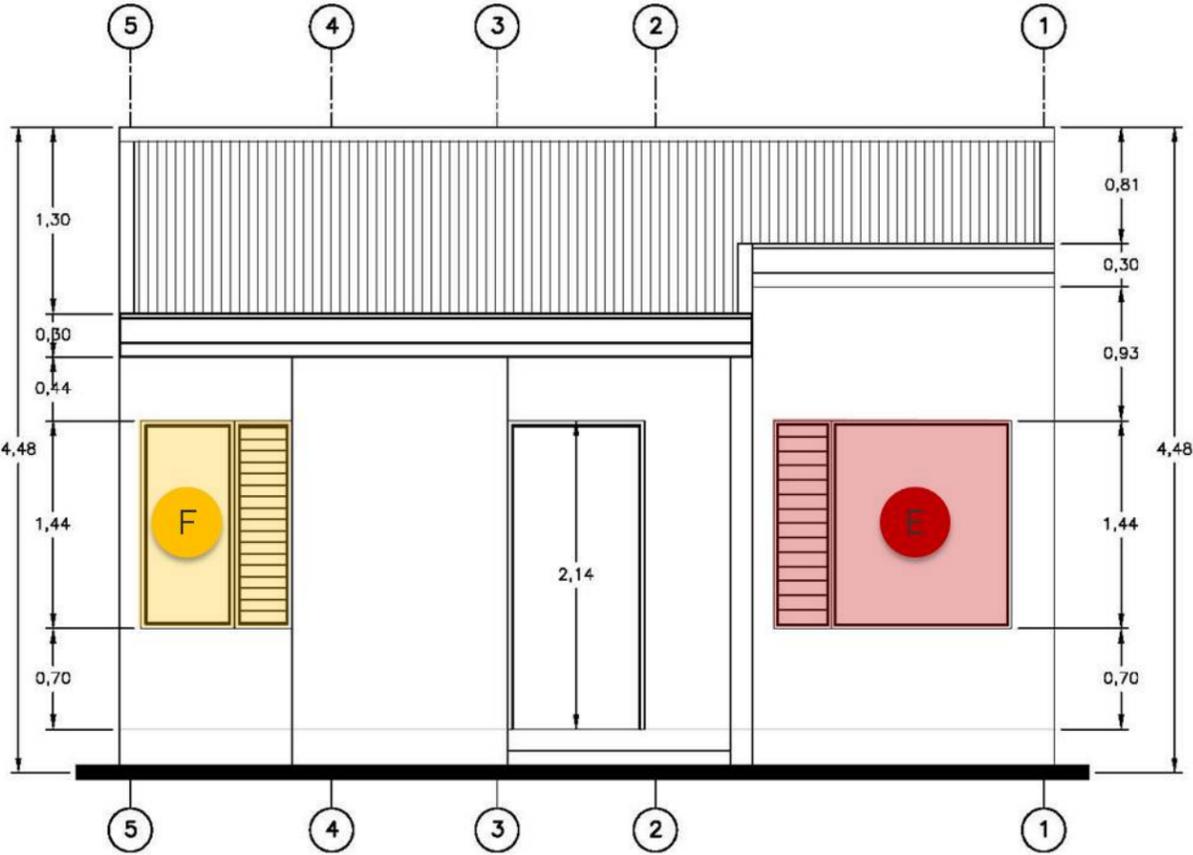
Ubicación: DORM.2, DORM. 2
 Dimensión: 1050 mm x 1440 mm
 Cantidad: 2



Casa 4 fachadas_ escala 1:50_ Ubicación de ventanas



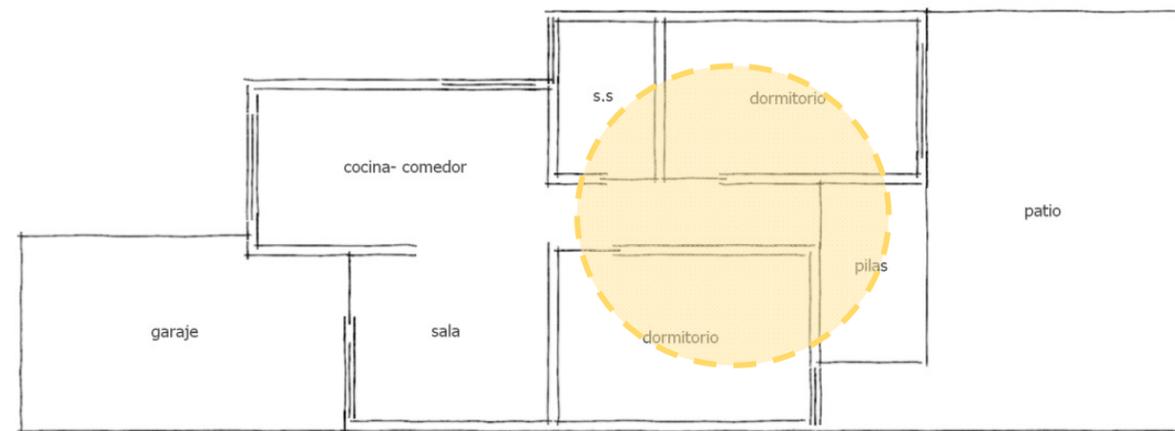
Fachada principal



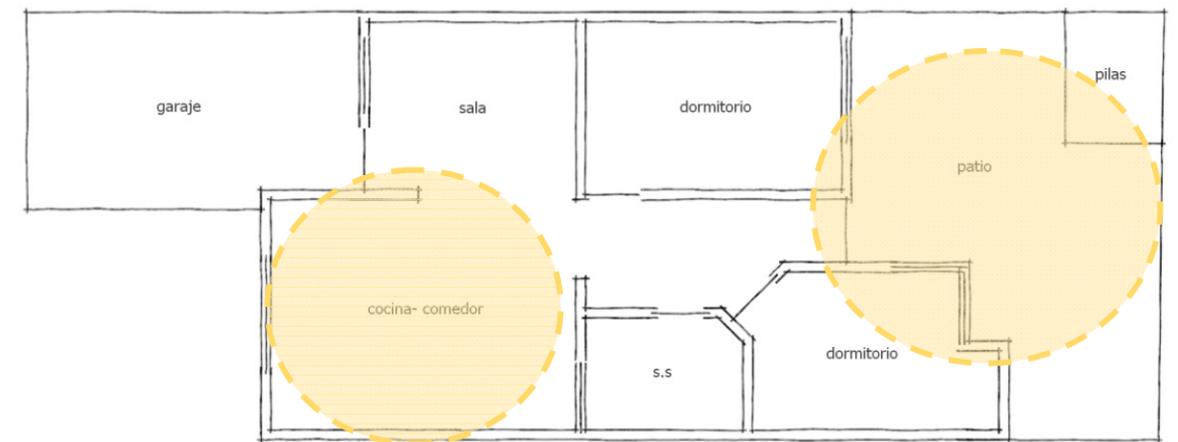
Fachada posterior

Modificaciones Casa 4

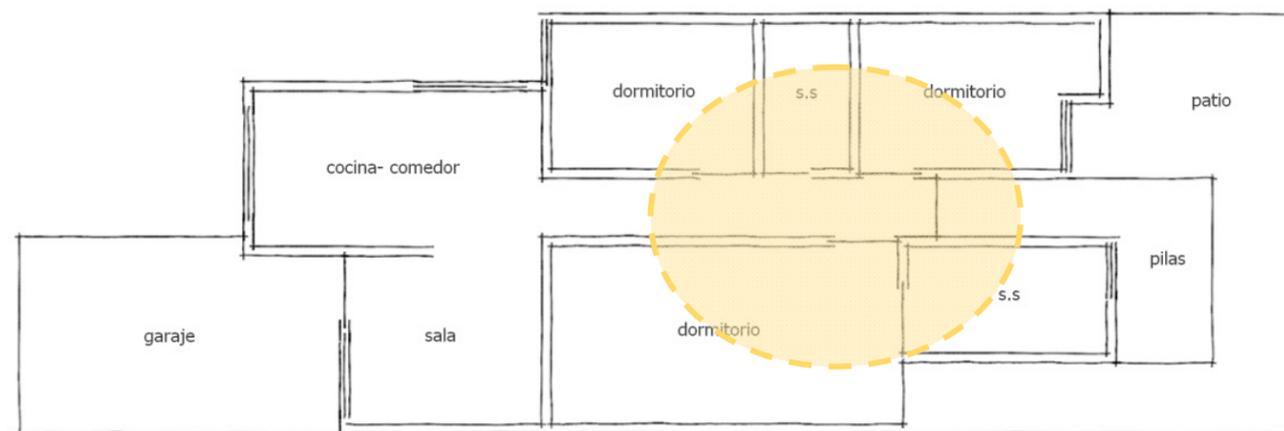
Las siguientes tipologías son modificaciones realizadas por los clientes para satisfacer sus necesidades. Las distribuciones 4.1 y 4.2 son versiones invertidas de la tipología 4, además de que modifican el área de los dormitorios. En el caso de la versión 4.2 se amplía la vivienda con un dormitorio y un servicio sanitario adicional. La distribución 4.3 ensancha la cocina y el comedor, y al mismo tiempo cambia ciertos aspectos en los dormitorios y ubicación de las pilas. Por lo tanto se busca aportar a la Empresa A una propuesta de un nuevo prototipo que se presentará en el capítulo 7, el cual busca satisfacer las necesidades de más clientes con sus distintos espacios.



Casa 4.1



Casa 4.3



Casa 4.2



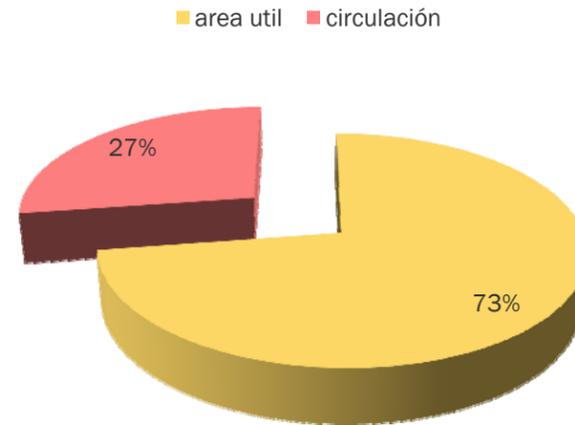
Comparación en la distribución de áreas

En los gráficos de la derecha se representa el porcentaje de área útil y área de circulación de cada tipología de vivienda analizada respectivamente de cada plano anteriormente mostrado con la misma simbología cromática.

Como se puede observar las variaciones son muy pocas entre vivienda y vivienda; lo que demuestra que todas las tipologías distribuyen sus áreas similarmente.

La única diferencia que se puede destacar sería el porcentaje de área de circulación en la casa 1. Este es mayor por tratarse de una casa de dos plantas y necesitar espacio para la circulación vertical.

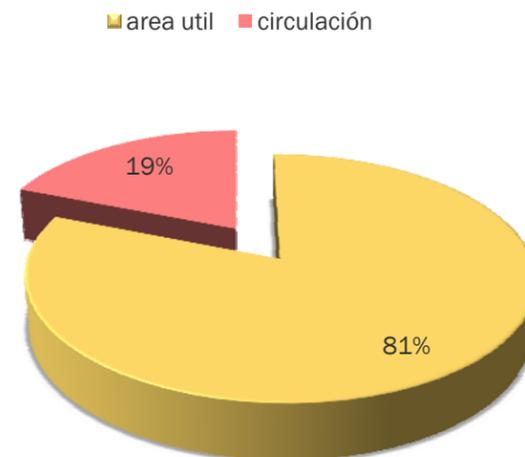
Distribución de areas_ Casa 1



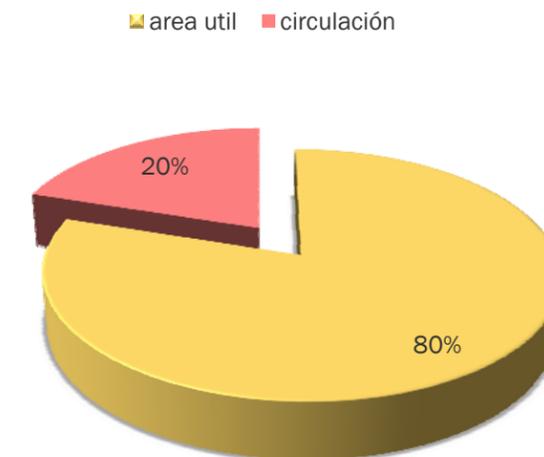
Distribución de areas _Casa 2



Distribución de areas _ Casa 3

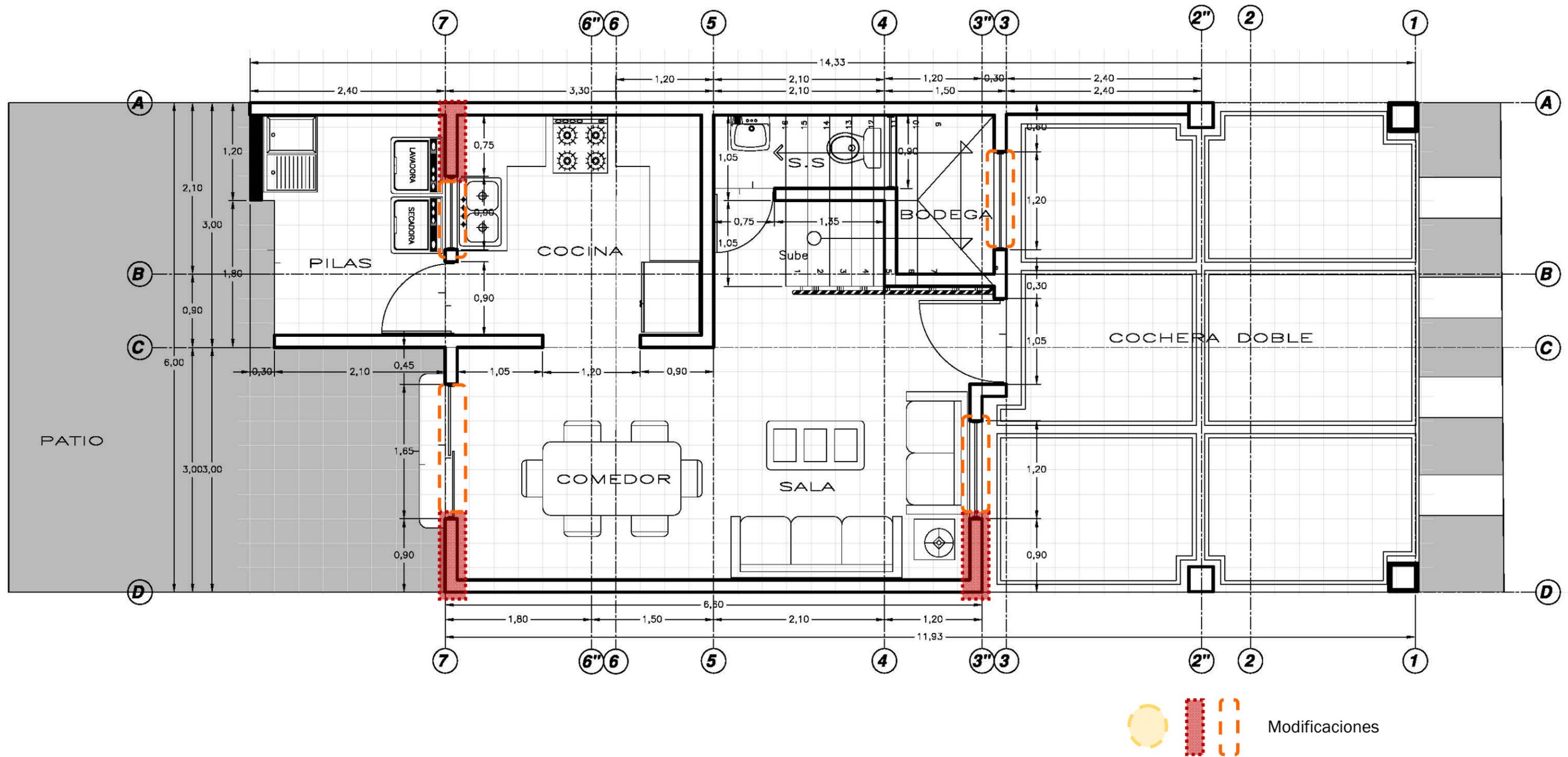


Distribución de areas _ Casa 4



5. Propuesta: Prototipos Optimizados

Casa 1 optimizada _ Planta Baja_ escala 1:50

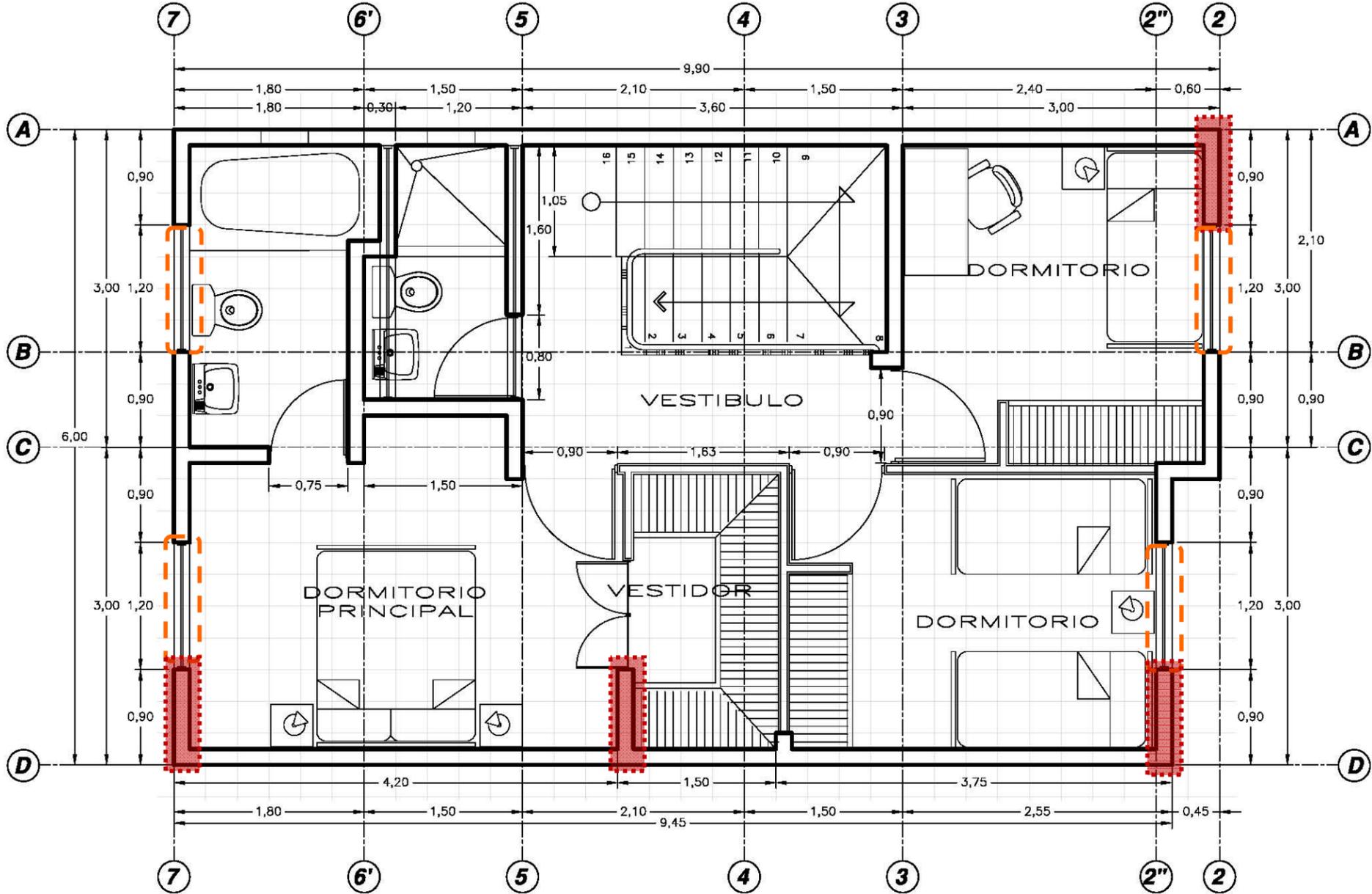


Casa 1 optimizada _ Planta Baja_ análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas

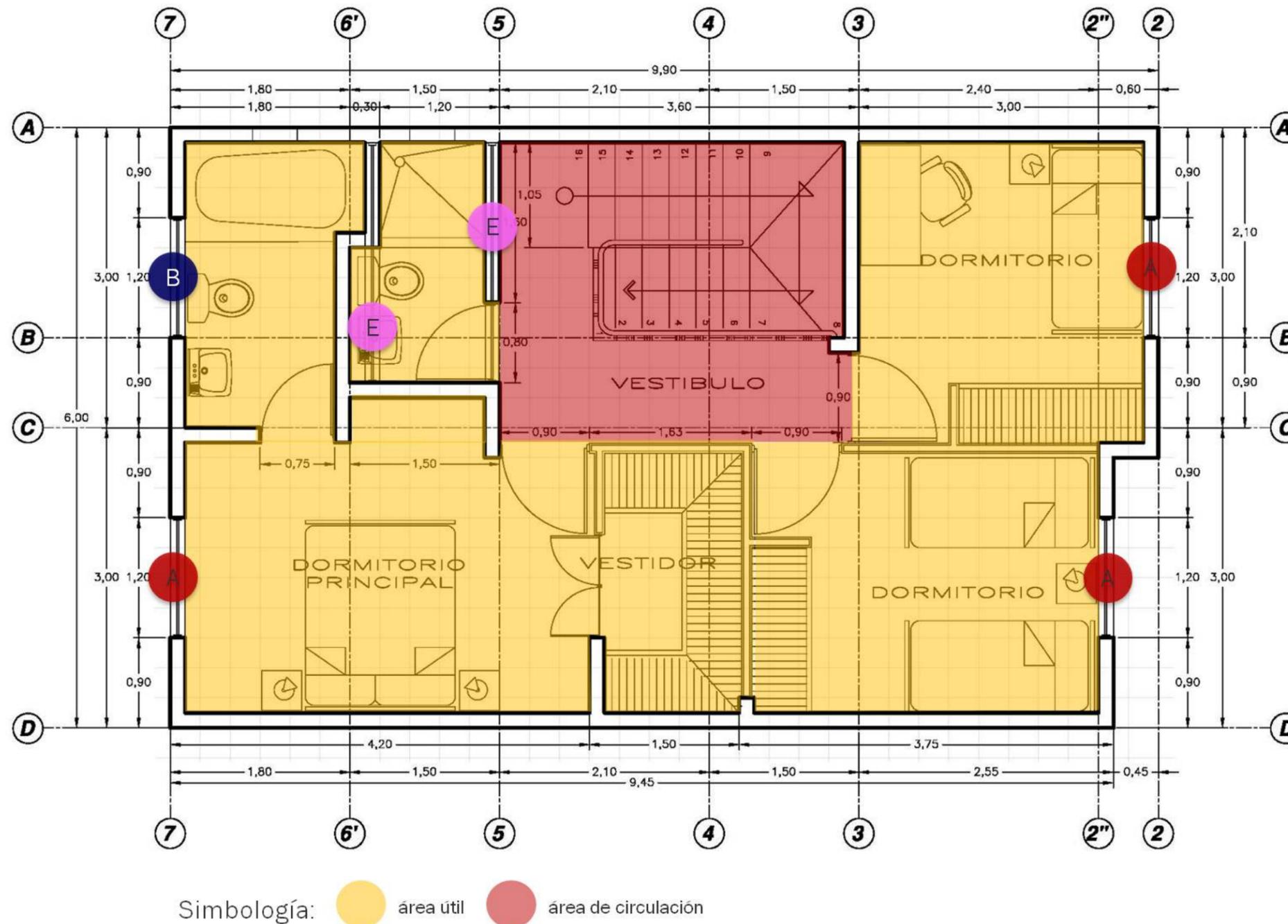


Simbología: área útil área de circulación

Casa 1 optimizada _ Planta Alta _ escala 1:50



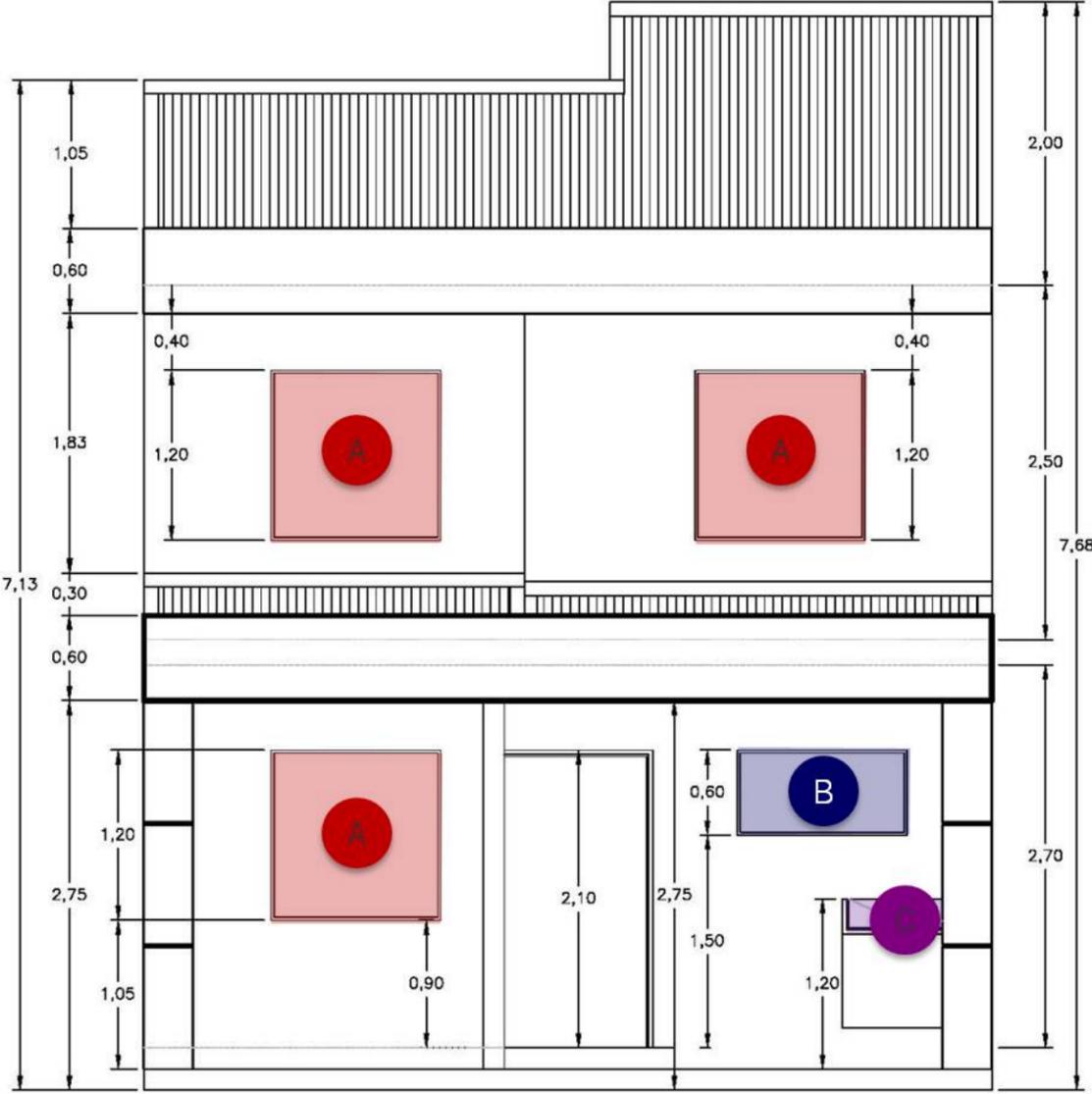
Casa 1 optimizada _Planta Alta_ análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas



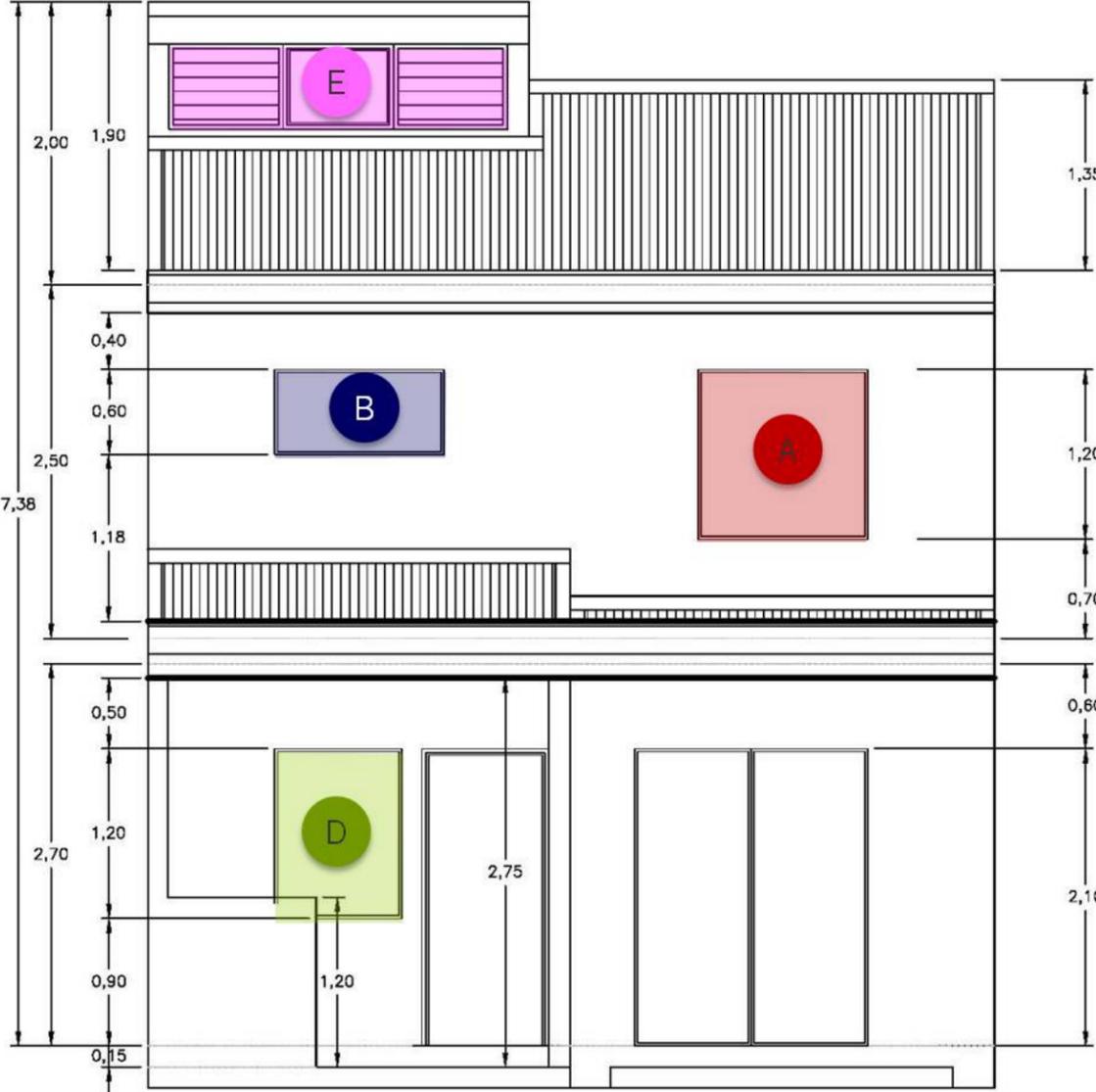
Modificaciones casa 1 optimizada

- La casa 1 es la que presenta menos cambios en su distribución en planta.
- Lo que se plantea en las modificaciones básicamente es su estandarización en tamaños de ventanas y la aplicación del Método Simplificado del Código Sísmico de Costa Rica 2002.
- Como se mostraron en los planos anteriores, los refuerzos perpendiculares se modifican para cumplir con lo estipulado en El Código Sísmico.
- Estos nuevos refuerzos modifican el diseño tanto en planta como en fachada. Además, influyen directamente en las dimensiones de las ventanas.
- Se puede notar el cambio en el número total de tipos de ventanas; anteriormente eran 10 y ahora son 5 tipos de ventanas. (ver siguiente pág.)
- De esta manera los tamaños de ventana se modifican para minimizar la variedad de buques y así estandarizar ciertos tamaños que se analizaran posteriormente.

Casa 1 optimizada fachadas_ escala 1:50_ Ubicación de ventanas



Fachada principal



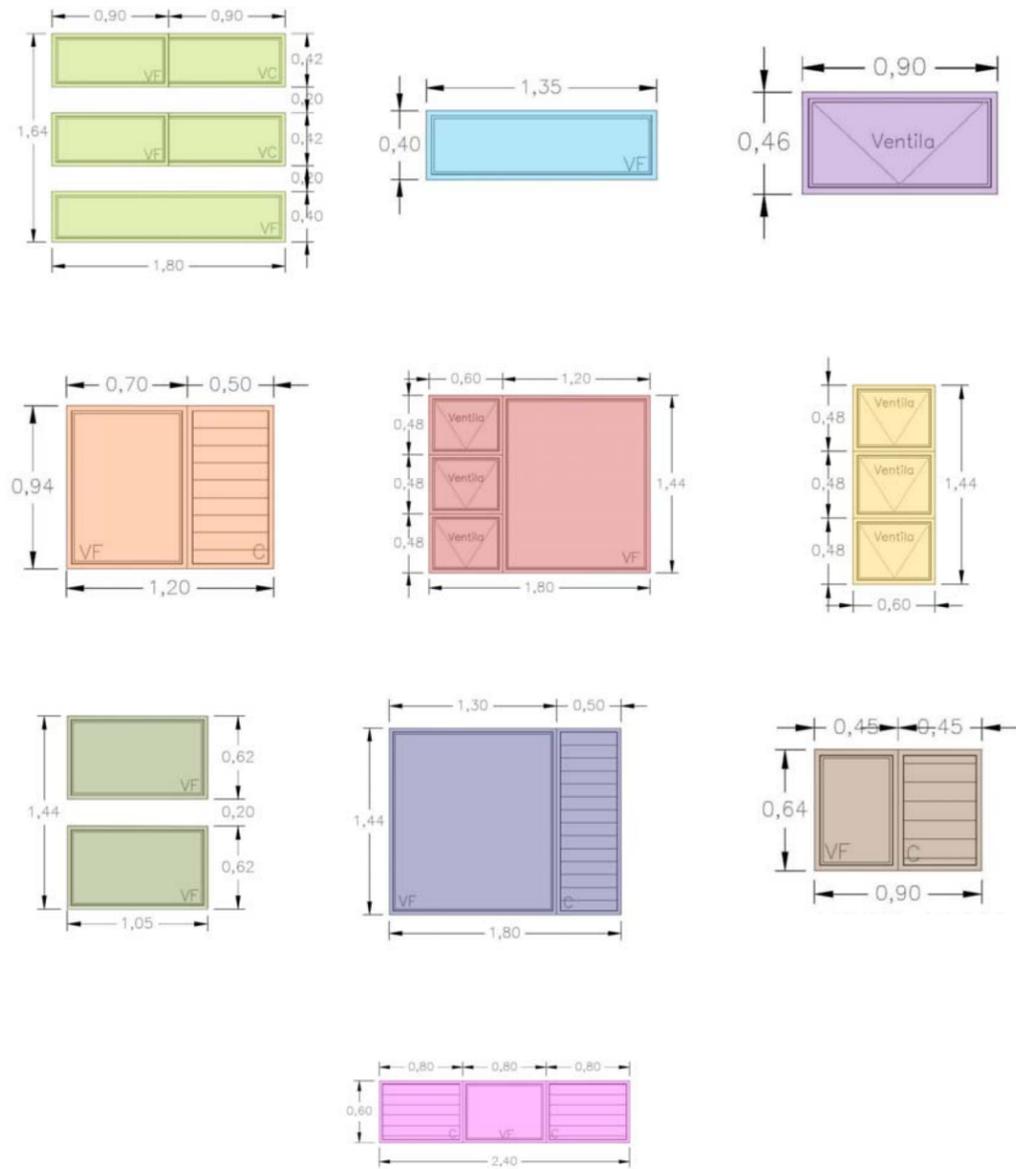
Fachada posterior

Propuesta de ventanería casa 1 optimizada

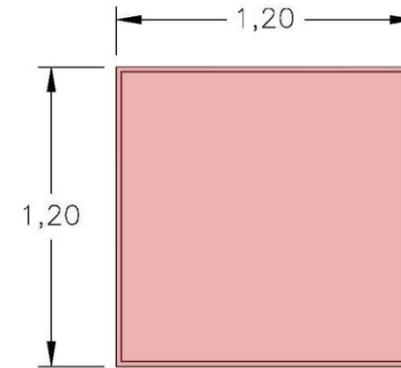
Ventanería: Tipología Original



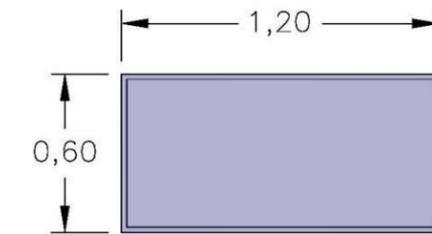
Propuesta de Ventanería: Tipología Optimizada



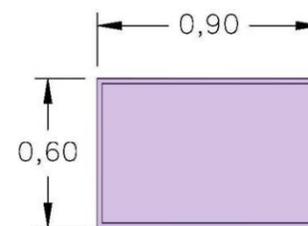
Ubicación: SALA, DORM.2, DORM. 3, DORM. PRIN. **A**
 Dimensión: 1200 mm x 1200 mm
 Cantidad: 4



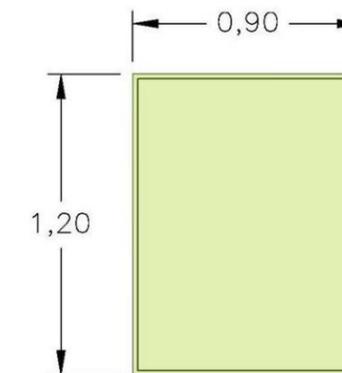
Ubicación: BODEGA, S.S PRIN. **B**
 Dimensión: 1200 mm x 600 mm
 Cantidad: 2



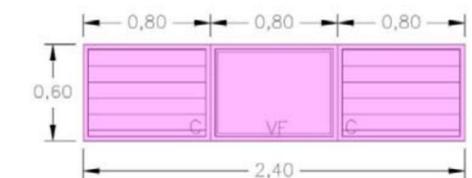
Ubicación: S.S. VISITAS **C**
 Dimensión: 900 mm x 600 mm
 Cantidad: 1



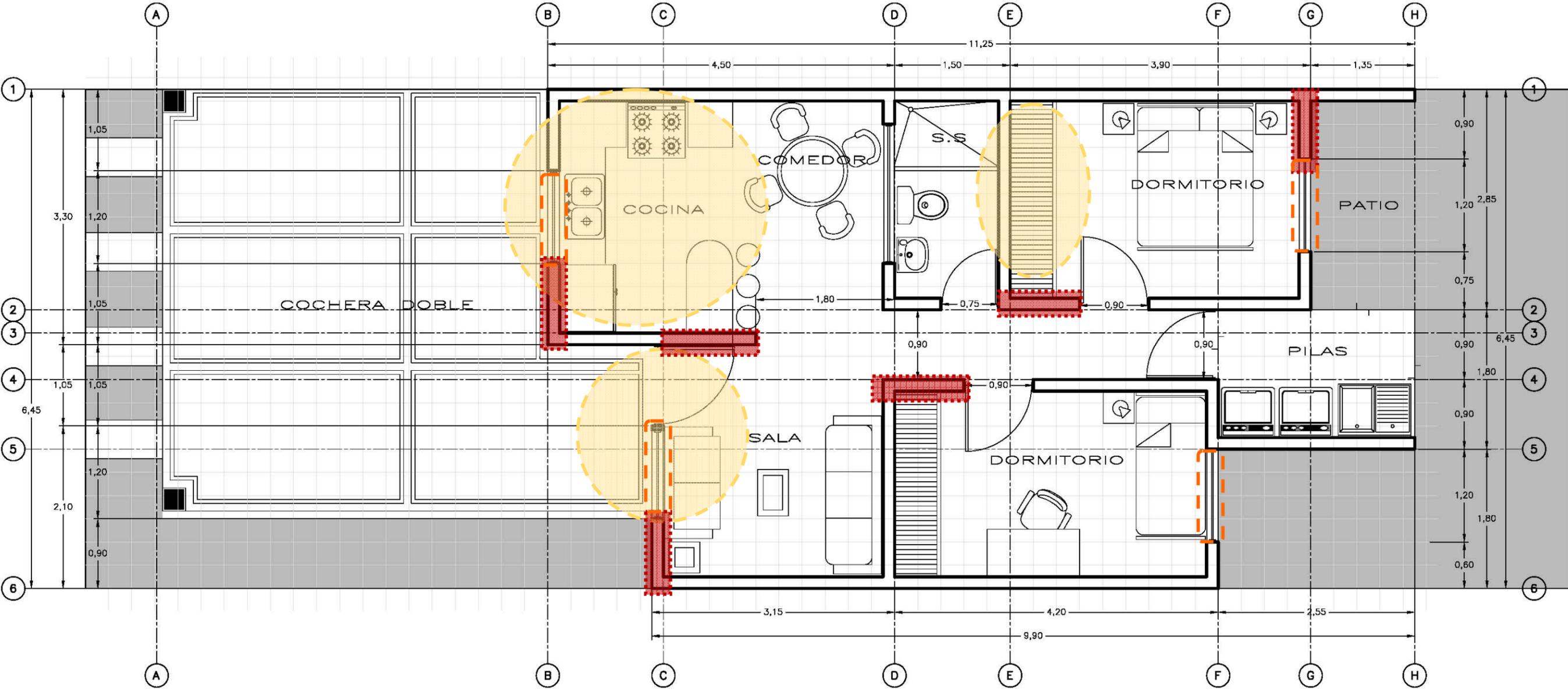
Ubicación: COCINA **D**
 Dimensión: 900 mm x 1200 mm
 Cantidad: 1



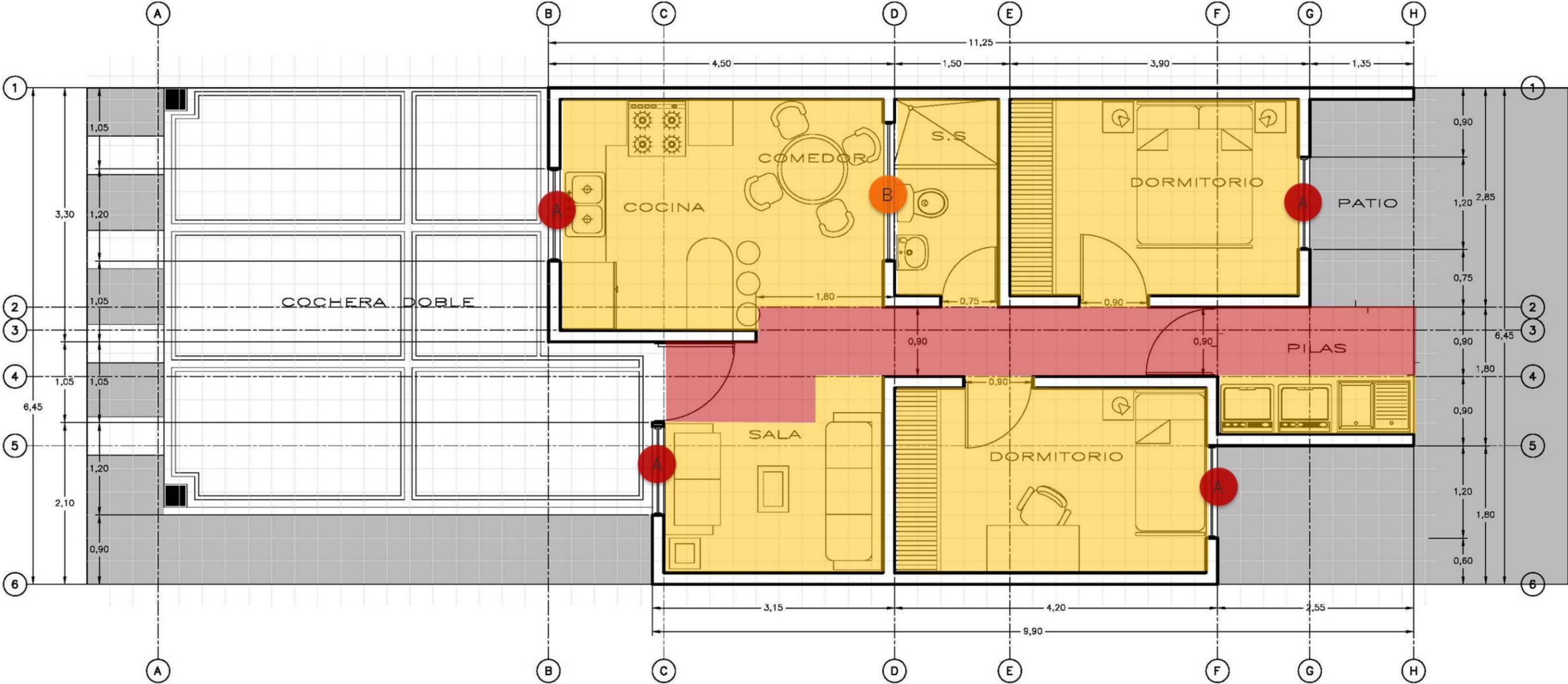
Ubicación: S.S. 2, S.S 2 **E**
 Dimensión: 2400 mm x 600 mm
 Cantidad: 2



Casa 2 optimizada _ escala 1:50



Casa 2 optimizada _ análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas



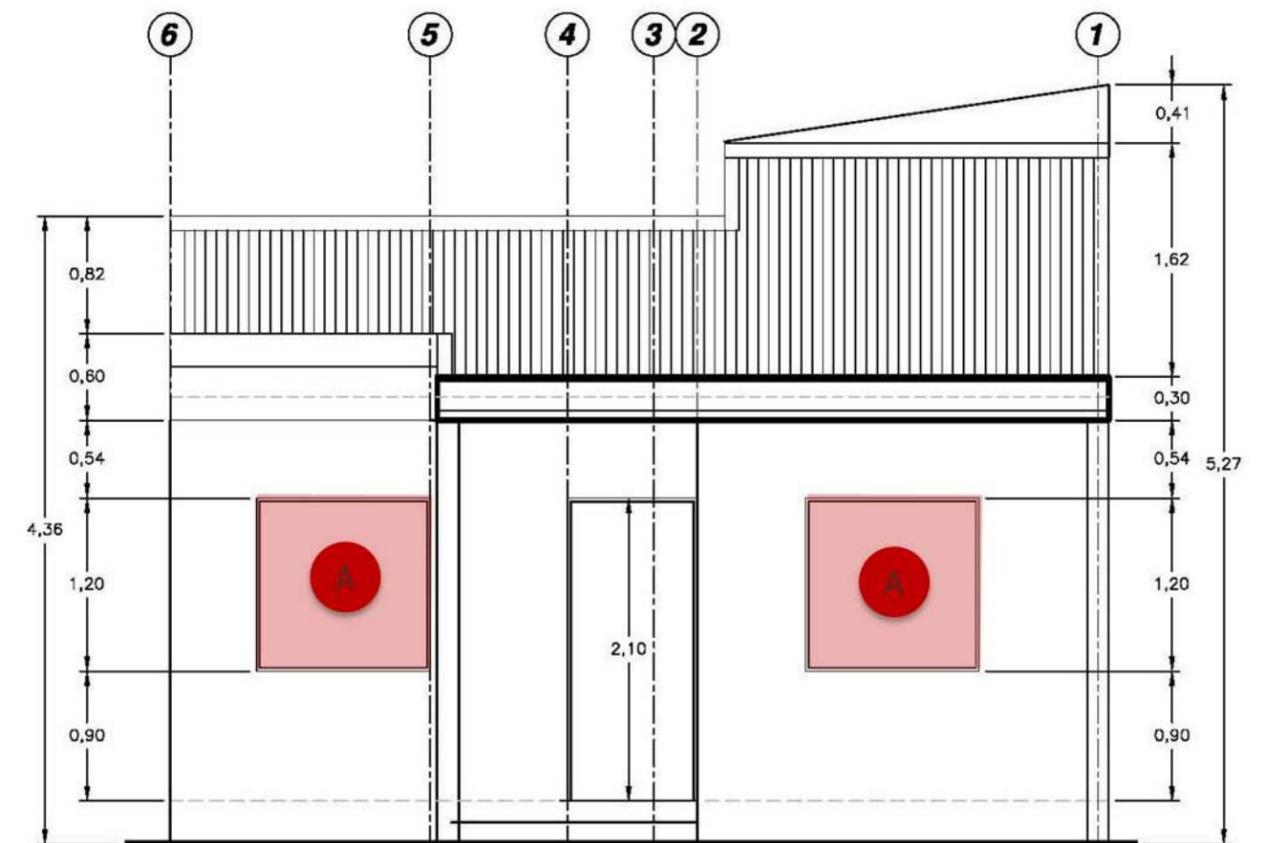
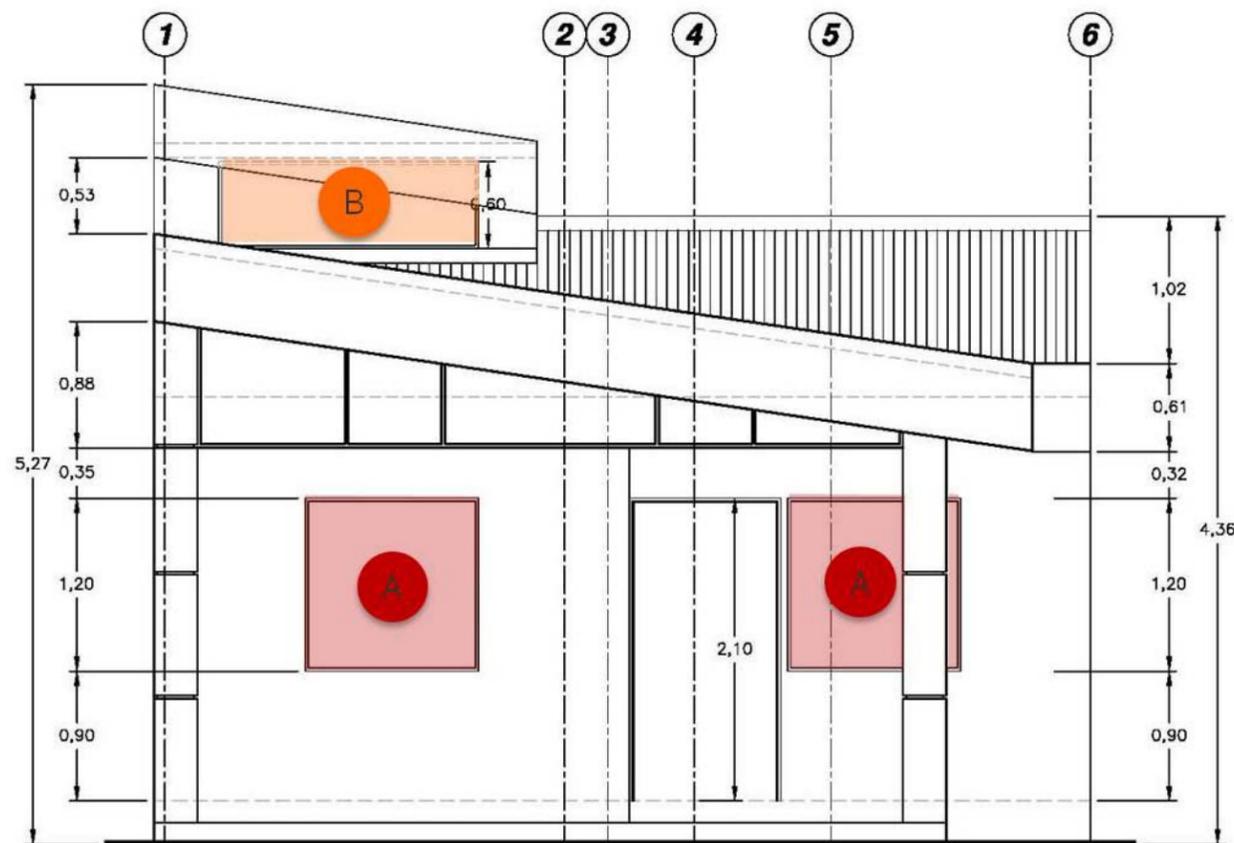
Simbología: área útil área de circulación

Modificaciones casa 2 optimizada

- La casa tipo 2 es la que presenta más cambios en su distribución en planta.
- La distribución original de la casa 2 presentaba en el ingreso y en la cocina paredes oblicuas a 45 grados. En el diseño optimizado se sustituyen esas paredes por paredes perpendiculares entre sí. De esta manera se amplía el área de cocina, proporcionando un desayunador y área de trabajo más amplio y cómodo.
- Además al cambiar las paredes oblicuas por paredes perpendiculares entre sí, se evitan las columnas de concreto que unían estas paredes y se cambian por mampostería integral reduciendo los costos; promoviendo su reconstrucción.
- Asimismo con estas modificaciones se muestra un valor añadido al ampliar el closet en unos de los dormitorios.

- También se plantea la estandarización de tamaños de ventanas y la aplicación del Método Simplificado del Código Sísmico de Costa Rica 2002.
- Como se mostraron en los planos anteriores, los refuerzos perpendiculares se modifican para proporcionar mayor soporte estructural.
- Estos nuevos refuerzos modifican el diseño tanto en planta como en fachada. Además, influyen directamente en las dimensiones de las ventanas.
- Se puede notar el cambio en el número total de tipos de ventanas; anteriormente eran 6 y ahora son 2 tipos de ventanas. (ver siguiente pág.)
- De esta manera los tamaños de ventana se modifican para minimizar la variedad de buques y así estandarizar ciertos tamaños que se analizaran posteriormente.

Casa 2 optimizada fachadas_ escala 1:50_ Ubicación de ventanas

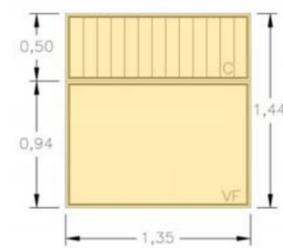
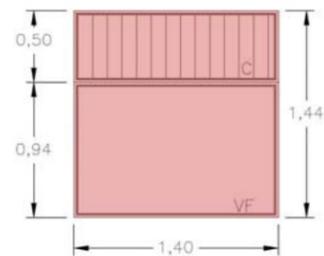
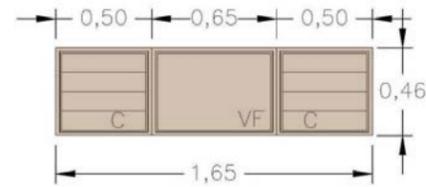
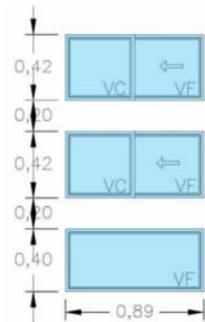
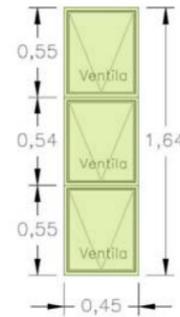
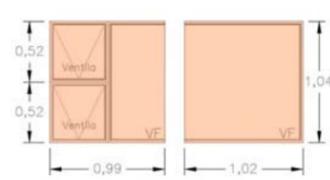


Propuesta de ventanería casa 2 optimizada

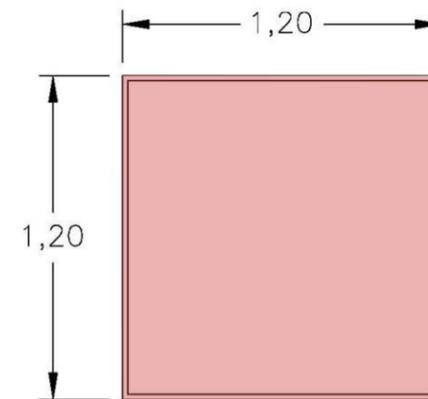
Ventanería: Tipología Original



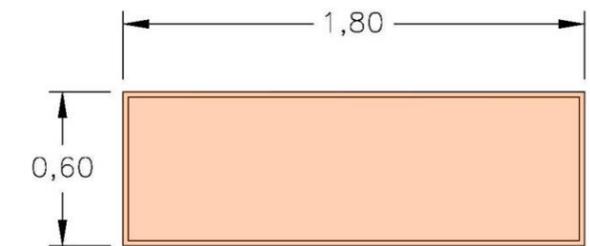
Propuesta de Ventanería: Tipología Optimizada



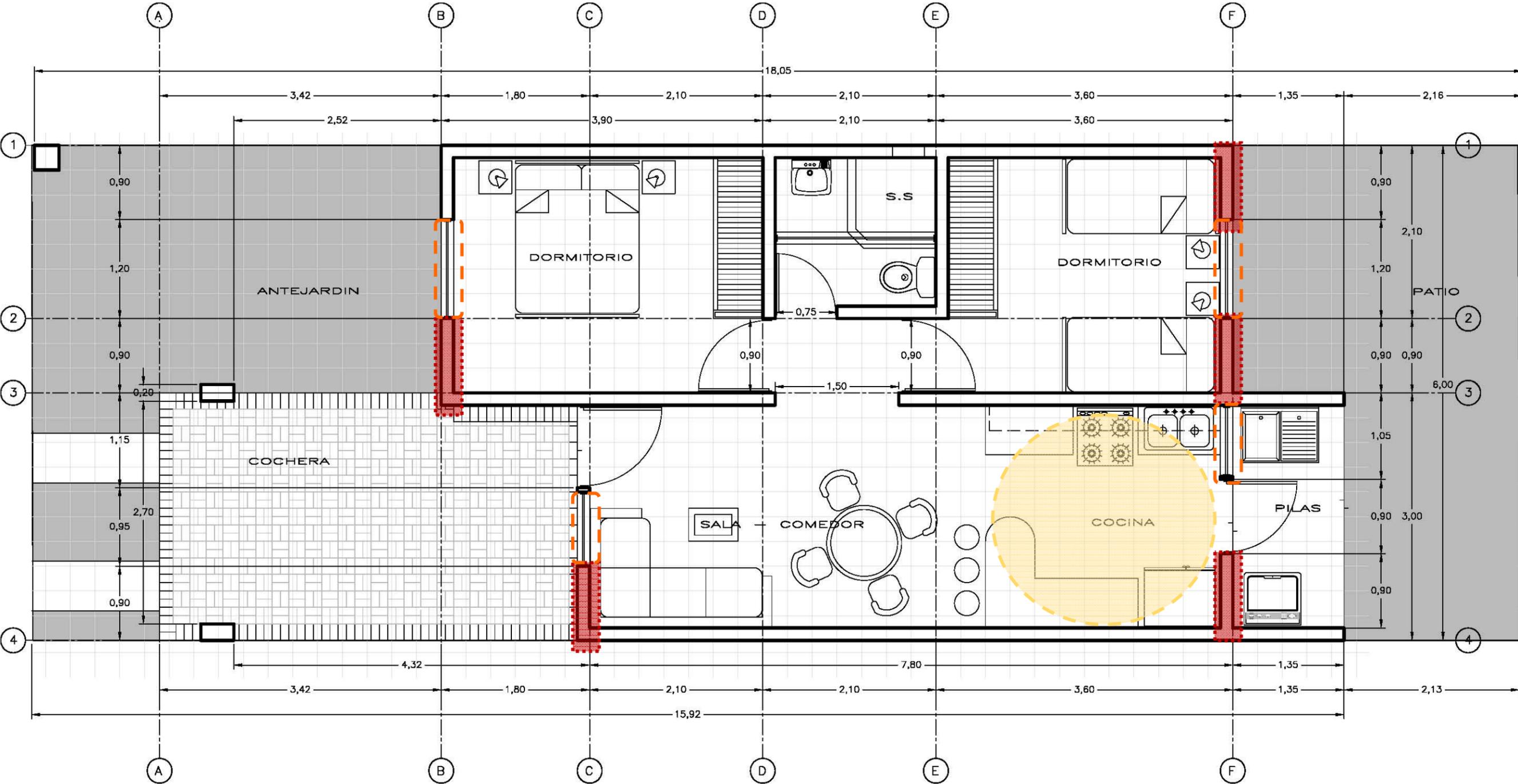
Ubicación: COCINA, SALA, DORM. PRIN., DORM.2 **A**
 Dimensión: 1200 mm x 1200 mm
 Cantidad: 4

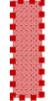


Ubicación: S.S. **B**
 Dimensión: 1800 mm x 600 mm
 Cantidad: 1



Casa 3 optimizada _ escala 1.50



 Modificaciones

Casa 3 optimizada _ análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas



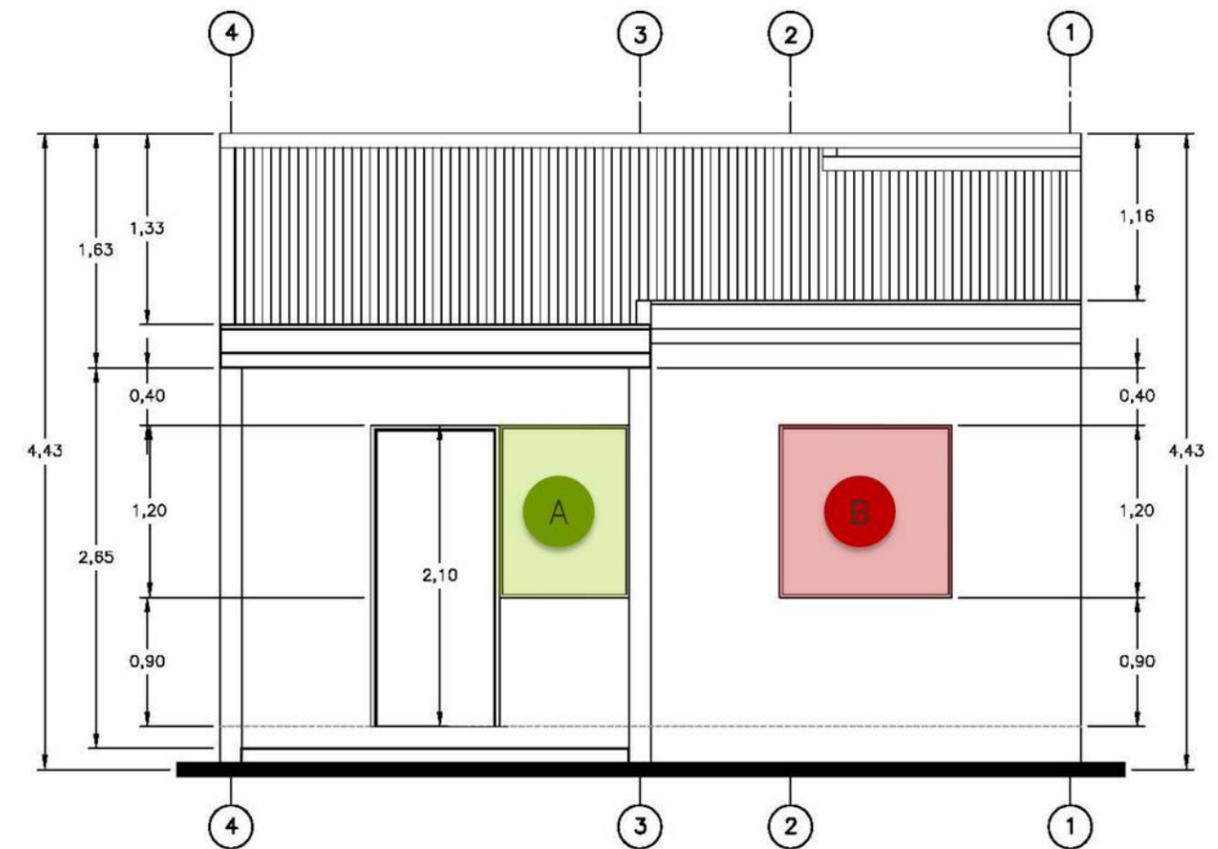
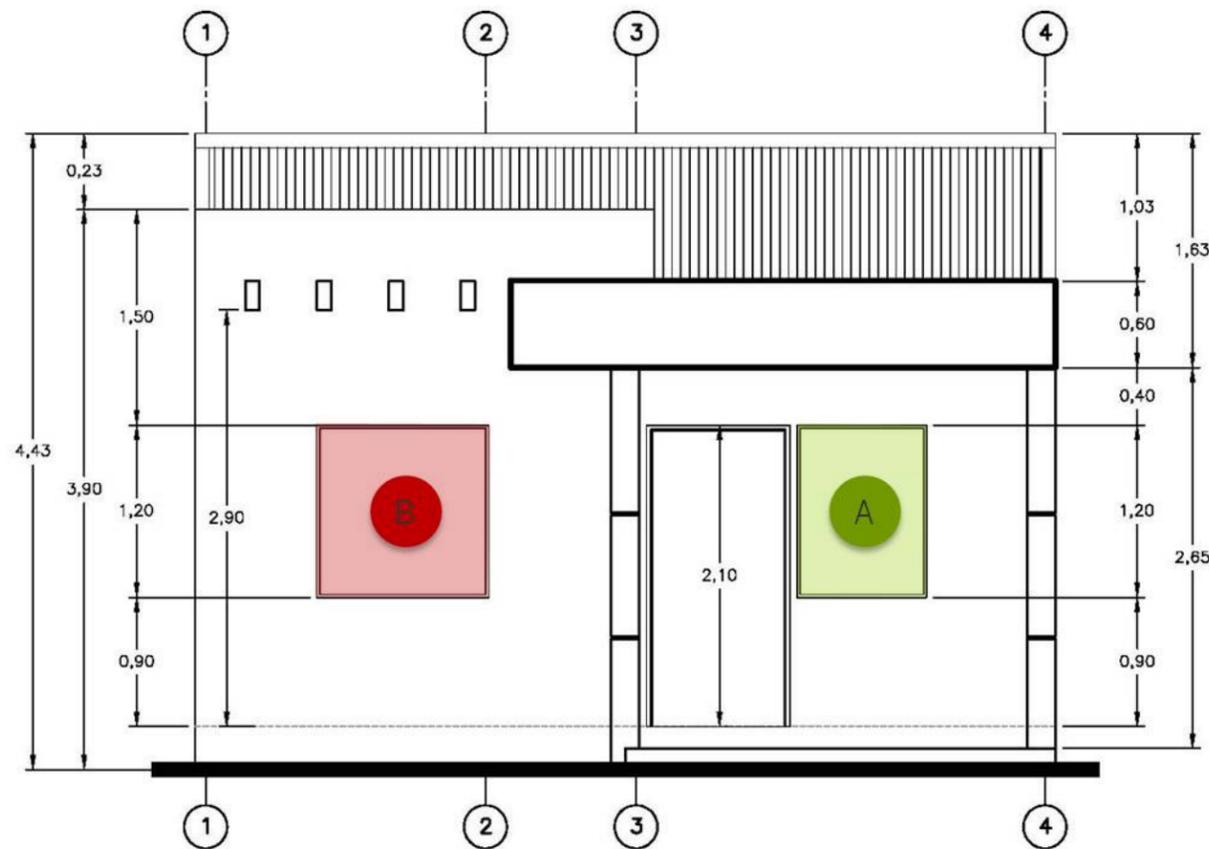
Simbología: área útil área de circulación

Modificaciones casa 3 optimizada

- La casa 3 es una de las que presenta menos cambios en su distribución en planta.
- En el área de cocina se intercambian las posiciones de la nevera y el área de trabajo con el fregadero y la cocina; de esta manera también se reubica la posición de la ventana para poder reforzar perpendicularmente a la pared adyacente.
- Además, se agrega más área de trabajo para proporcionar mayor comodidad en este espacio.
- Lo que se plantea en las modificaciones básicamente es su estandarización en tamaños de ventanas y la aplicación del Método Simplificado del Código Sísmico de Costa Rica 2002.

- Como se mostraron en los planos anteriores, los refuerzos perpendiculares se modifican para cumplir con lo estipulado en El Código Sísmico.
- Estos nuevos refuerzos modifican el diseño tanto en planta como en fachada. Además, influyen directamente en las dimensiones de las ventanas.
- Se puede notar el cambio en el número total de tipos de ventanas; anteriormente eran 4 y ahora son 3 tipos de ventanas. (ver siguiente pág.)
- De esta manera los tamaños de ventana se modifican para minimizar la variedad de buques y así estandarizar ciertos tamaños que se analizaran posteriormente.

Casa 3 optimizada fachadas_ escala 1:50_ Ubicación de ventanas

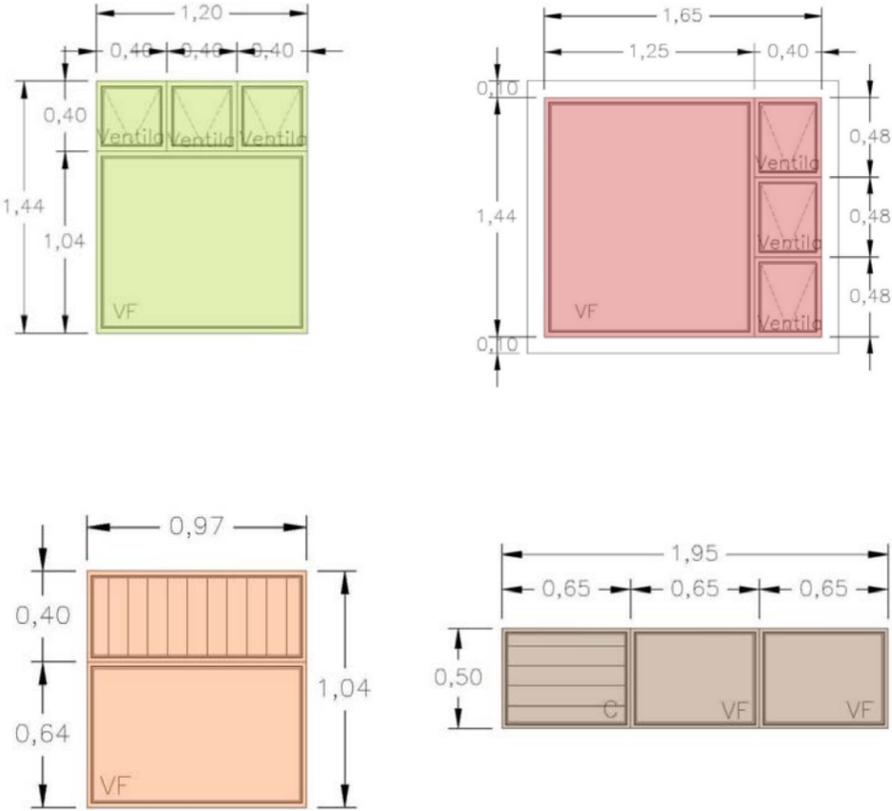


Propuesta de ventanería casa 3 optimizada

Ventanería: Tipología Original

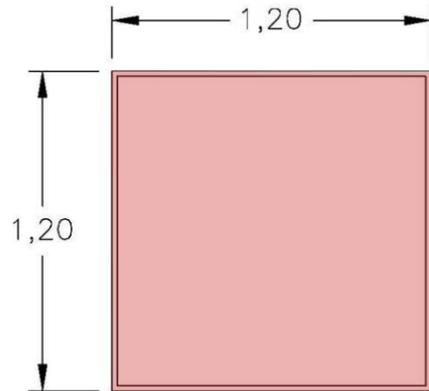
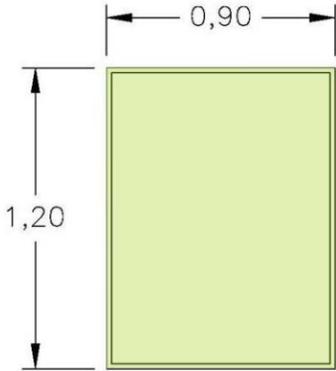


Propuesta de Ventanería: Tipología Optimizada

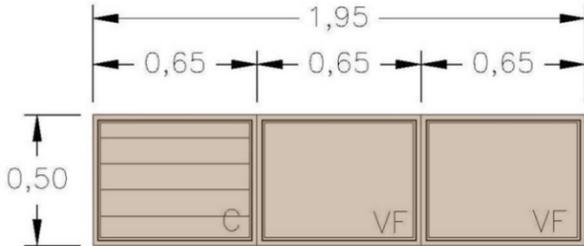


Ubicación: SALA, COCINA. **A**
 Dimensión: 900 mm x 1200 mm
 Cantidad: 2

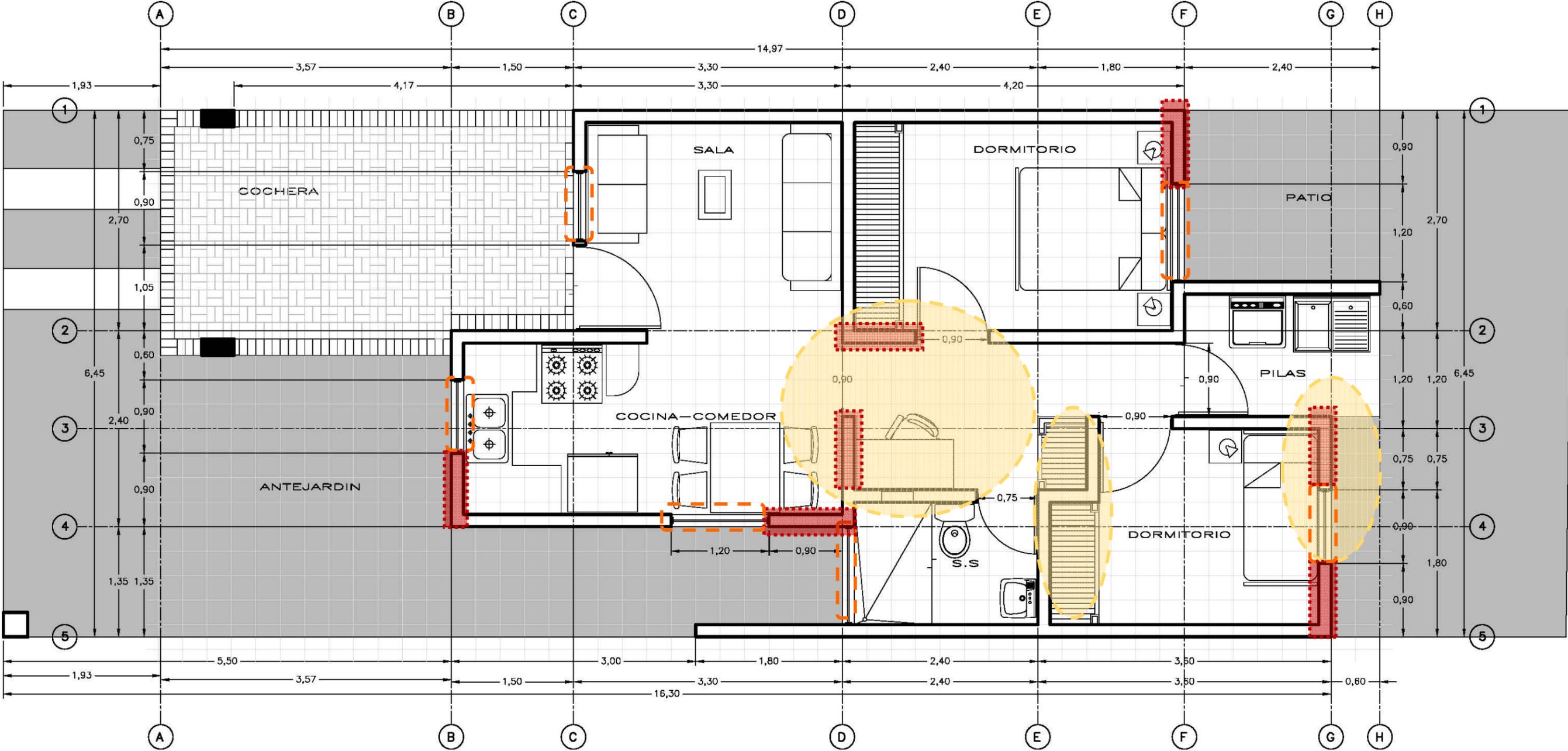
Ubicación: DORM. PRIN. DORM.2. **B**
 Dimensión: 1200 mm x 1200 mm
 Cantidad: 2



Ubicación: S.S. **C**
 Dimensión: 1950 mm x 500 mm
 Cantidad: 1



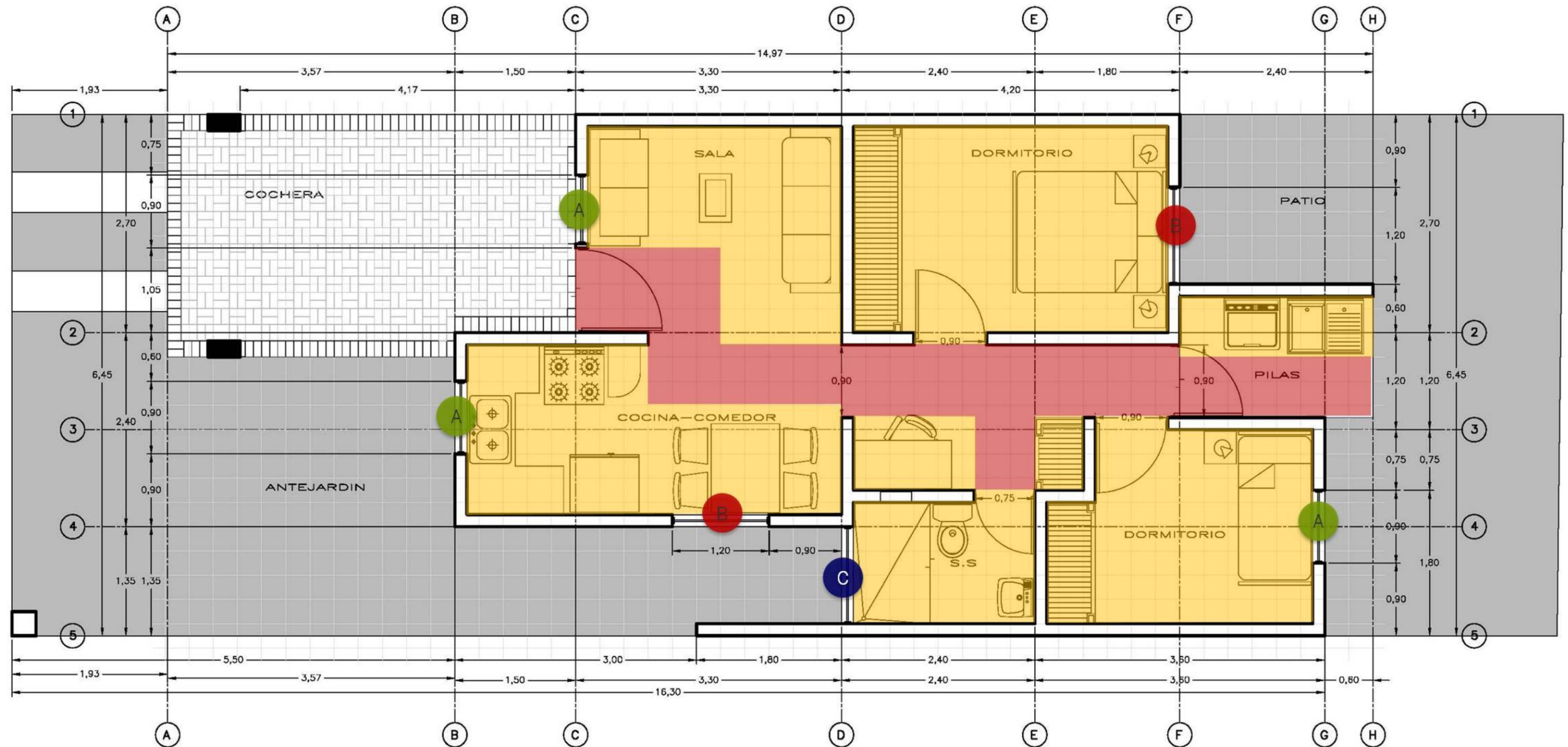
Casa 4 optimizada _ escala 1:50






 Modificaciones

Casa 4 optimizada _ análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas



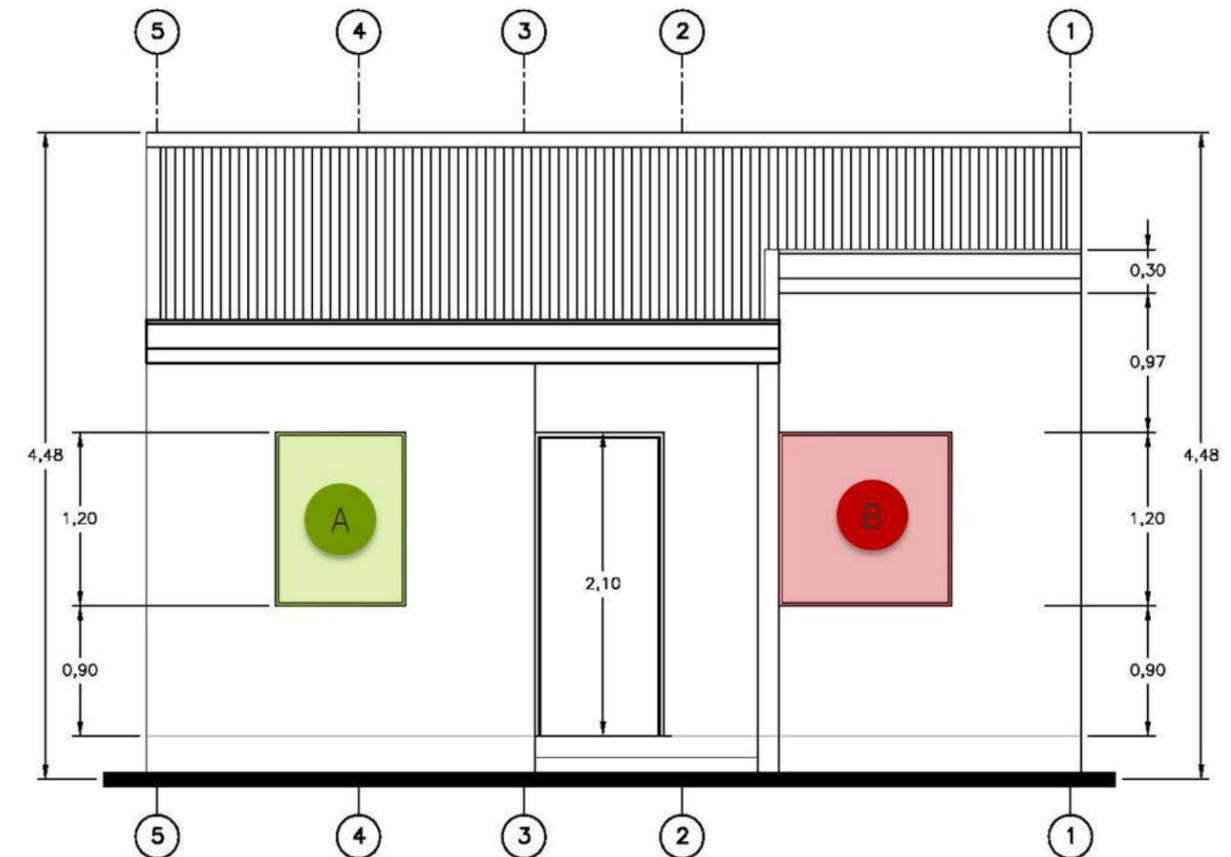
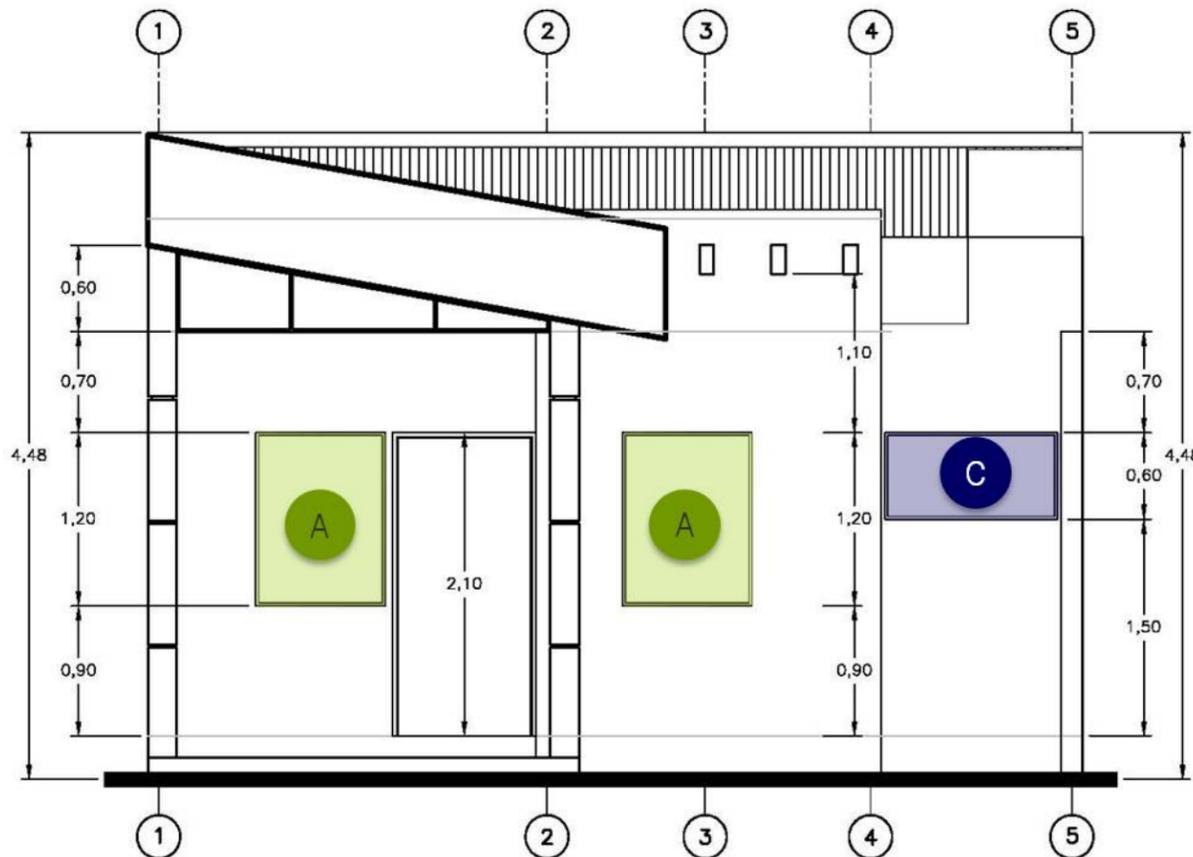
Simbología: área útil área de circulación

Modificaciones casa 4 optimizada

- La casa 4 presenta ciertos cambios en su distribución en planta.
- Se modifican las paredes oblicuas a 45 grados por paredes perpendiculares entre sí para aprovechar mejor el espacio tanto en el dormitorio como en el servicio sanitario.
- Además al cambiar las paredes oblicuas por paredes perpendiculares entre sí, se evitan las columnas de concreto que unían estas paredes y se cambian por mampostería integral reduciendo los costos
- En el espacio de circulación por el área de los dormitorios se propone una pequeña área de oficina o estudio donde se puede colocar un escritorio, optimizando el espacio disponible.
- Se modifica la ubicación del closet del segundo dormitorio para reubicar la ventana a un espacio más iluminado y además se proporciona un pequeño closet de blancos ubicado por el área de oficina.

- Además se propone la estandarización en tamaños de ventanas y la aplicación del Método Simplificado del Código Sísmico de Costa Rica 2002.
- Como se mostraron en los planos anteriores, los refuerzos perpendiculares se modifican para cumplir con lo estipulado en El Código Sísmico.
- Estos nuevos refuerzos modifican el diseño tanto en planta como en fachada. Además, influyen directamente en las dimensiones de las ventanas.
- Se puede notar el cambio en el número total de tipos de ventanas; anteriormente eran 6 y ahora son 3 tipos de ventanas. (ver siguiente pág.)
- De esta manera los tamaños de ventana se modifican para minimizar la variedad de buques y así estandarizar ciertos tamaños que se analizaran posteriormente.

Casa 4 optimizada fachadas_ escala 1:50_ Ubicación de ventanas

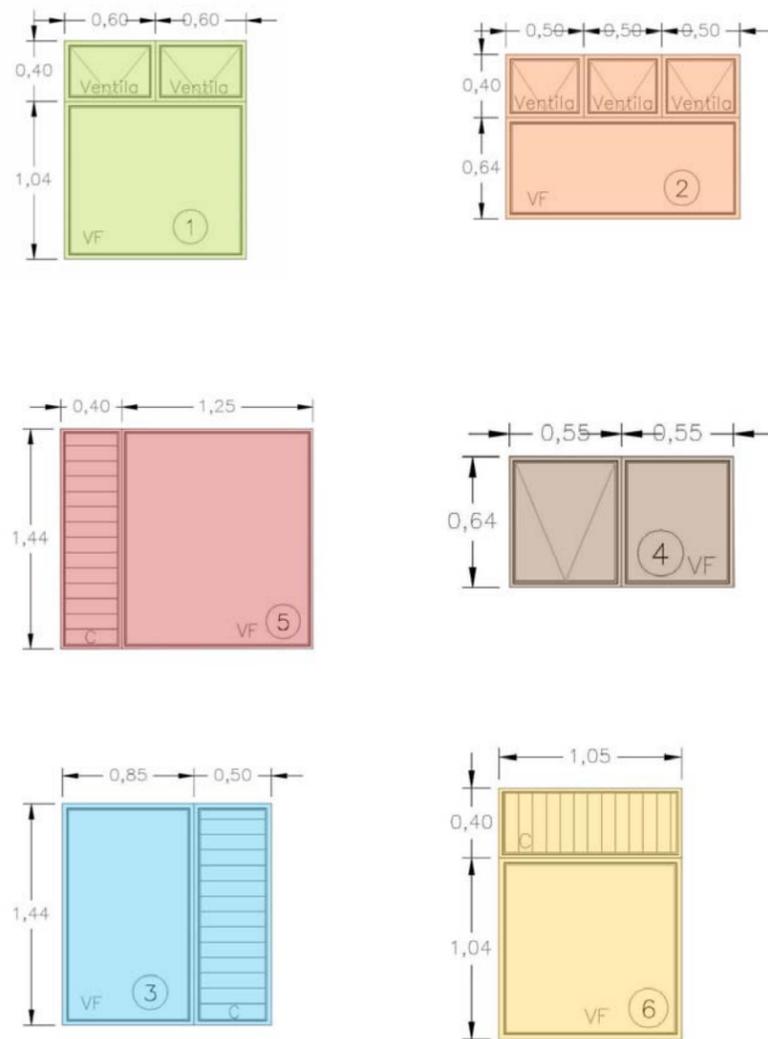


Propuesta de ventanería casa 4 optimizada

Ventanería: Tipología Original

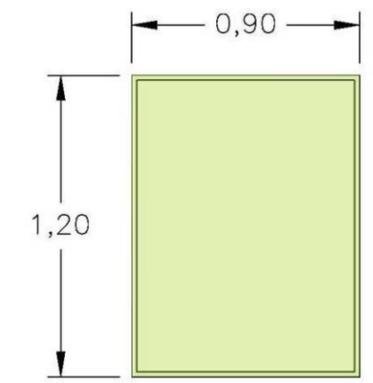


Propuesta de Ventanería: Tipología Optimizada



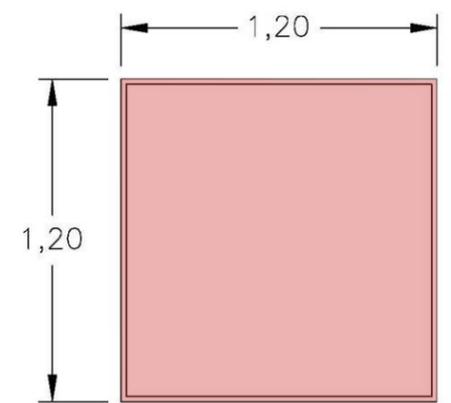
Ubicación: SALA, COCINA, DORM. 2.
 Dimensión: 900 mm x 1200 mm
 Cantidad: 3

A



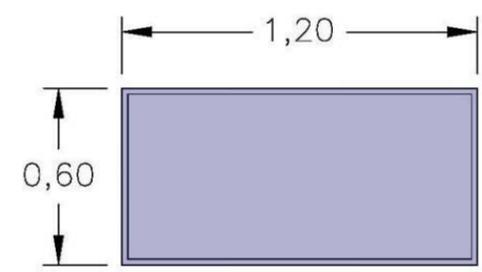
Ubicación: COMEDOR, DORM. PRIN.
 Dimensión: 1200 mm x 1200 mm
 Cantidad: 2

B



Ubicación: S.S
 Dimensión: 1200 mm x 600 mm
 Cantidad: 1

C



Comparación en la distribución de áreas

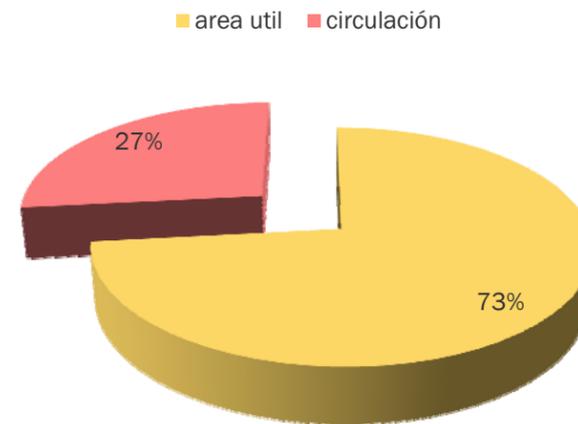
En los gráficos de la derecha se representa el porcentaje de área útil y área de circulación de cada tipología de vivienda optimizada analizada respectivamente en cada plano anteriormente mostrado, con la misma simbología cromática.

Como se puede observar las variaciones con respecto a las viviendas originales son muy pocas en las casas 1 y 3.

Luego, en la casa 4 por las modificaciones propuestas el porcentaje de área útil incrementa un 2% y área total disminuye en 1.0 m².

En la casa tipo 2 es donde se muestra el mayor cambio. El área útil incrementa en un 4% y el área total disminuye en 2.0 m². Esto se debe a las modificaciones antes mencionadas específicamente para la casa 2.

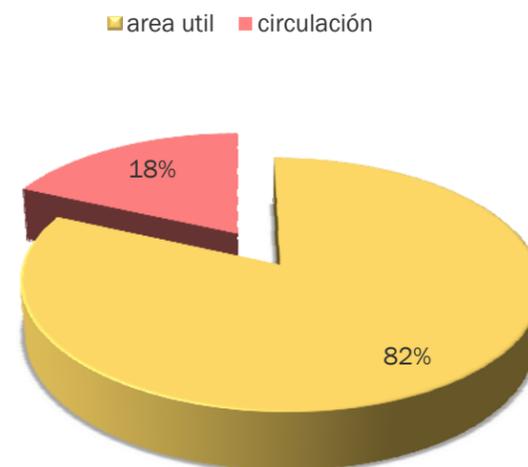
Distribución de áreas_ Casa 1



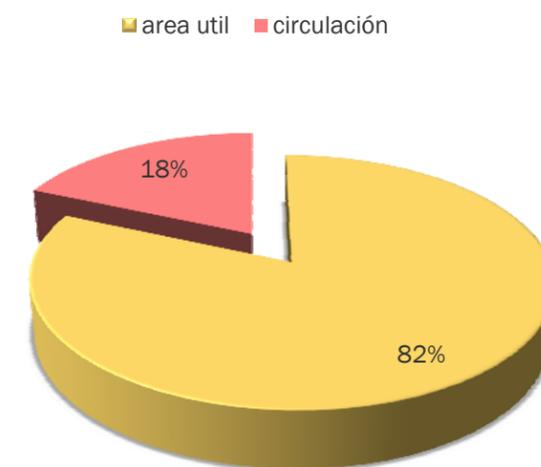
Distribución de áreas_ Casa 2



Distribución de áreas_ Casa 3



Distribución de áreas_ Casa 4



Implementación del Código Sísmico de Costa Rica

En esta sección se implementará el Método Simplificado del Código Sísmico de Costa Rica. En el capítulo 17 habla sobre el diseño simplificado y específicamente menciona lo siguiente “... sin importar cual sistema constructivo se use, la longitud mínima de paredes de altura completa debe ser 0.40 m por cada metro cuadrado de área de construcción en cada planta. La longitud mínima en cada dirección no puede ser menor en un tercio de la longitud mínima total.” De esta manera para cada casa se va a multiplicar el área total x 0.40 metros lineales, esto dará como resultado la longitud ideal de paredes según CSCR-2002. Luego se mostrará el tercio de metros lineales que debe estar en la dirección opuesta. Para finalizar se sumarán las longitudes de las paredes en el eje X y las de eje Y mayores a 9M, pues son estas las que proporcionarán soporte estructural, para comparar si cumple lo determinado en el Código Sísmico (los metros lineales del eje Y deben de ser iguales o mayores a los del tercio en dirección opuesta para ser el adecuado). Además, se analizarán las casas optimizadas para percibir la diferencia que aportan las nuevas mochetas incorporadas en estos diseños.

Casa 1_original_primer nivel

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Área total | 47 m ² |
| longitud de paredes según CSCR | 18.8 ml |
| Total de metros lineales reales | 25.04 ml |
| 1/3 ml en una dirección | 5.64 ml |
| Metros lineales en eje y | 2.7 ml |



Casa 1_optimizada_primer nivel

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Área total | 47 m ² |
| longitud de paredes según CSCR | 18.8 ml |
| Total de metros lineales reales | 27.04ml |
| 1/3 ml en una dirección | 5.64 ml |
| Metros lineales en eje y | 5.7ml |

Casa 1_original_segundo nivel

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Área total | 58 m ² |
| longitud de paredes según CSCR | 23.2 ml |
| Total de metros lineales reales | 29.10 ml |
| 1/3 ml en una dirección | 6.96 ml |
| Metros lineales en eje y | 7.65 ml |



Casa 1_optimizada_segundo nivel

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Área total | 58 m ² |
| longitud de paredes según CSCR | 23.2 ml |
| Total de metros lineales reales | 32.40 ml |
| 1/3 ml en una dirección | 6.96 ml |
| Metros lineales en eje y | 10.95 ml |

Haciendo un análisis de la casa 1, se puede mencionar que en el primer nivel los metros lineales en el eje Y no cumplen en la casa original pero si en el diseño optimizado gracias a las mochetas implementadas en dicha dirección.

En el segundo nivel tanto la vivienda original como la optimizada cumplen con lo determinado en Código Sísmico, aun así las mochetas agregadas en el diseño optimizado proporcionan mayor soporte estructural.



No cumple con CSCR-2002



Cumple con CSCR-2002

Casa 2_ original

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Área total | 61 m ² |
| longitud de paredes según CSCR | 24.4 ml |
| Total de metros lineales reales | 37.24 ml |
| 1/3 ml en una dirección | 7.32 ml |
| Metros lineales en eje y | 8.20 ml |



Casa 3_ original

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Área total | 57 m ² |
| longitud de paredes según CSCR | 22.8 ml |
| Total de metros lineales reales | 33.55 ml |
| 1/3 ml en una dirección | 6.84 ml |
| Metros lineales en eje y | 5.40 ml |



Casa 4_ original

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Área total | 58 m ² |
| longitud de paredes según CSCR | 23.2 ml |
| Total de metros lineales reales | 37.05 ml |
| 1/3 ml en una dirección | 6.96 ml |
| Metros lineales en eje y | 5.97 ml |



Casa 2_ optimizada

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Área total | 60 m ² |
| longitud de paredes según CSCR | 24 ml |
| Total de metros lineales reales | 38.55 ml |
| 1/3 ml en una dirección | 7.2 ml |
| Metros lineales en eje y | 9.15 ml |



Casa 3_ optimizada

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Área total | 57 m ² |
| longitud de paredes según CSCR | 22.8 ml |
| Total de metros lineales reales | 37.05 ml |
| 1/3 ml en una dirección | 6.84 ml |
| Metros lineales en eje y | 8.85 ml |



Casa 4_ optimizada

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Área total | 56 m ² |
| longitud de paredes según CSCR | 22.4 ml |
| Total de metros lineales reales | 40.35 ml |
| 1/3 ml en una dirección | 6.72 ml |
| Metros lineales en eje y | 9.45 ml |



En los cuadros superiores se puede observar la comparación de las tipologías 2, 3 y 4 entre las casas originales y las optimizadas. En la casa 2, el diseño original cumple con lo estipulado en el Código Sísmico de Costa Rica, al igual que la tipología 2 optimizada, la cual implementa mayor cantidad de mochetas estructurales. Las viviendas 3 y 4 si presentan cambios entre el diseño original de Verolís y el diseño en cual se implementa la Coordinación Modular. Los diseños originales no cumplen con lo estipulado en el Método Simplificado del Código Sísmico. Al implementar los arriostres adecuados a ambas tipologías se proporciona un diseño estructuralmente más estable mostrado en las viviendas optimizadas 3 y 4.



No cumple con CSCR-2002



Cumple con CSCR-2002

6. Ventanería y Puertas

Tabulación

En esta sección se analizaron los diferentes tamaños de ventanas y puertas utilizadas por varias compañías incluyendo a la Empresa A; cabe destacar que este análisis no tiene validez estadística. Además se mencionarán las dimensiones modulares a tomar en cuenta en el momento de incursionar en un diseño modular.

Se van a tomar como base las dimensiones de las ventanas modulares recomendadas en el folleto BLOQUES MODULARES INTERCAMBIABLES PARA LA MAMPOSTERÍA REFORZADA. (Rodríguez M. , 1994) Las dimensiones de altura de las ventanas modulares irán en múltiplos de 6M, ya que, de esta manera coincidirá con el acero estructural colocado a cada 60 cm en el sistema de mampostería integral según el CSCR - 2002. Las ventanas y puertas de cada empresa, especialmente de la Empresa A se analizarán para establecer cuáles son los tamaños más utilizados y así determinar cuáles son los tamaños modulares a

En la tabla siguiente se presenta una recopilación de los diferentes tamaños de puertas y ventanas utilizadas en las cuatro tipologías de vivienda analizadas anteriormente de la Empresa A. Además a la izquierda se presenta la imagen 18 con los distintos tamaños de puertas de dicha compañía.

Empresa A

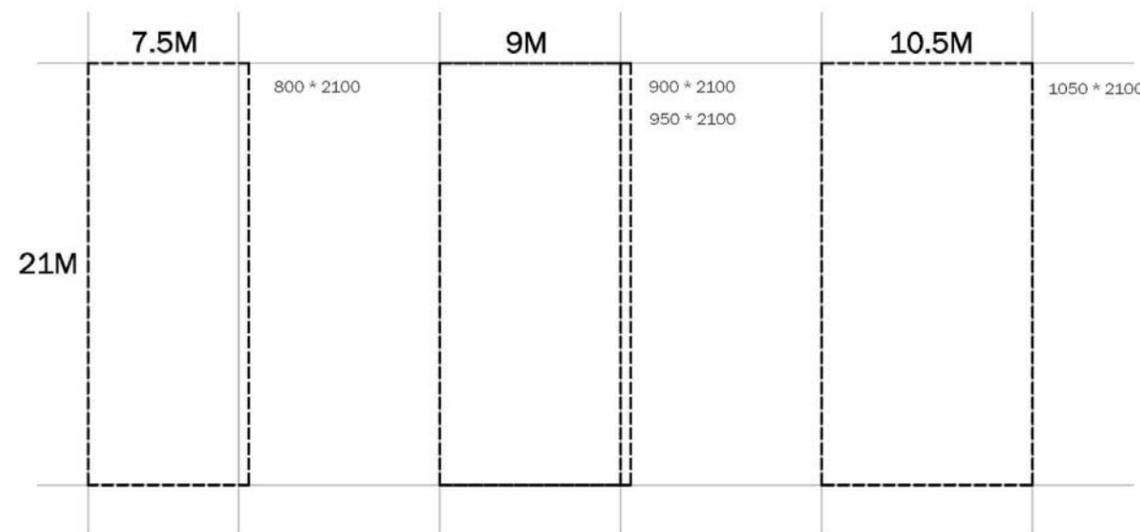


Imagen 18 Ilustración de dimensiones de puertas utilizadas por la Empresa A

800 * 2100 = dimensiones en milímetros de ancho y alto, respectivamente, para puertas utilizadas por cada empresa

Proyecto: Empresa A

Dimensiones de Buques de Puertas y Ventanas (ancho*alto en mm)

| USO | puerta | ventana | | | |
|----------------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | Casa tipo 3 x*y | Casa tipo 5 x*y | Casa tipo 6 x*y | Casa tipo 7 x*y |
| Entrada | 1050*2100 | | | | |
| Salida | 950*2100 | | | | |
| Pilas | | | | | |
| Dormitorio Principal | 900*2100 | 1800*1440 | 1400*1440 | 1650*1440 | 1650*1440 |
| Dormitorio 2 | 900*2100 | 1800*1440 | 1350*1440 | 1650*1440 | 1050*1440 |
| Dormitorio 3 | 900*2100 | 1050*1440+ | | | |
| Sala | | 1800*1640 | 890*1640+ | 1200*1440 | 1200*1440 |
| Comedor | | | | | 1350*1440 |
| Cocina | | 1200*940 | 2010*1040 | 970*1040 | 1500*1040 |
| Baño Visitas | 800*2100 | 900*460 | | | |
| Baño Principal | 800*2100 | 900*640 | 1650*460 | 1950*500 | 1100*640 |
| Baño 2 | 800*2100 | 2400*600 | | | |
| Terraza | | | | | |
| Oficina | | | | | |
| Bodega | | 1350*400 | | | |

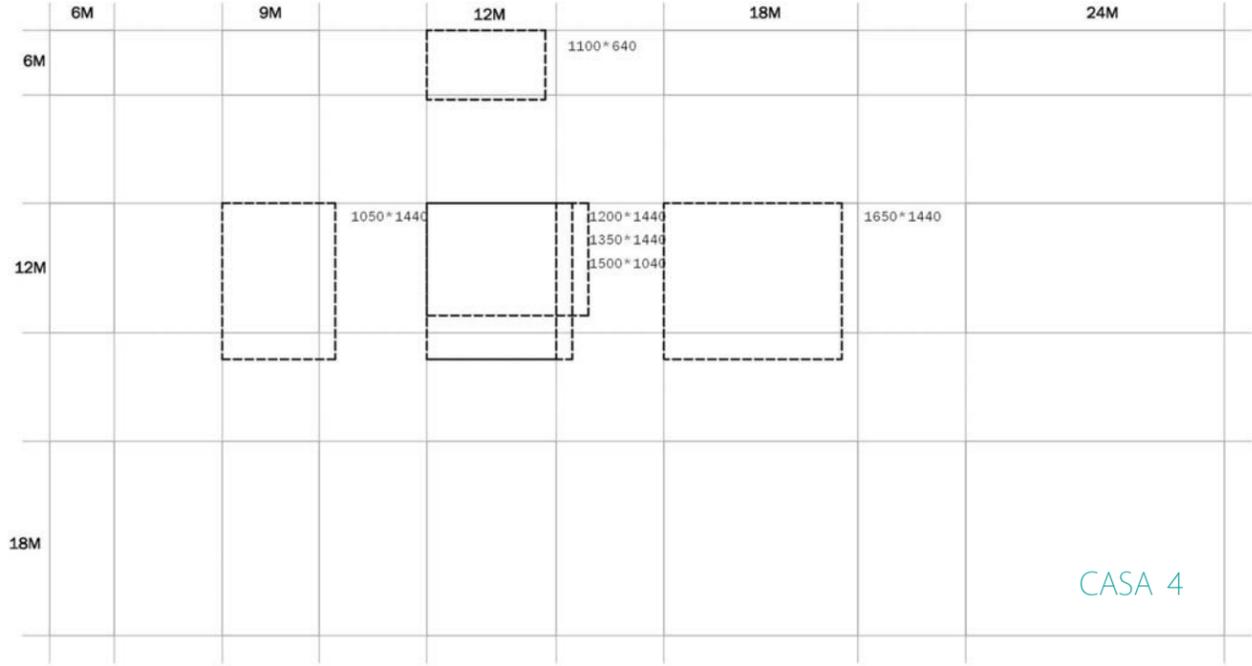
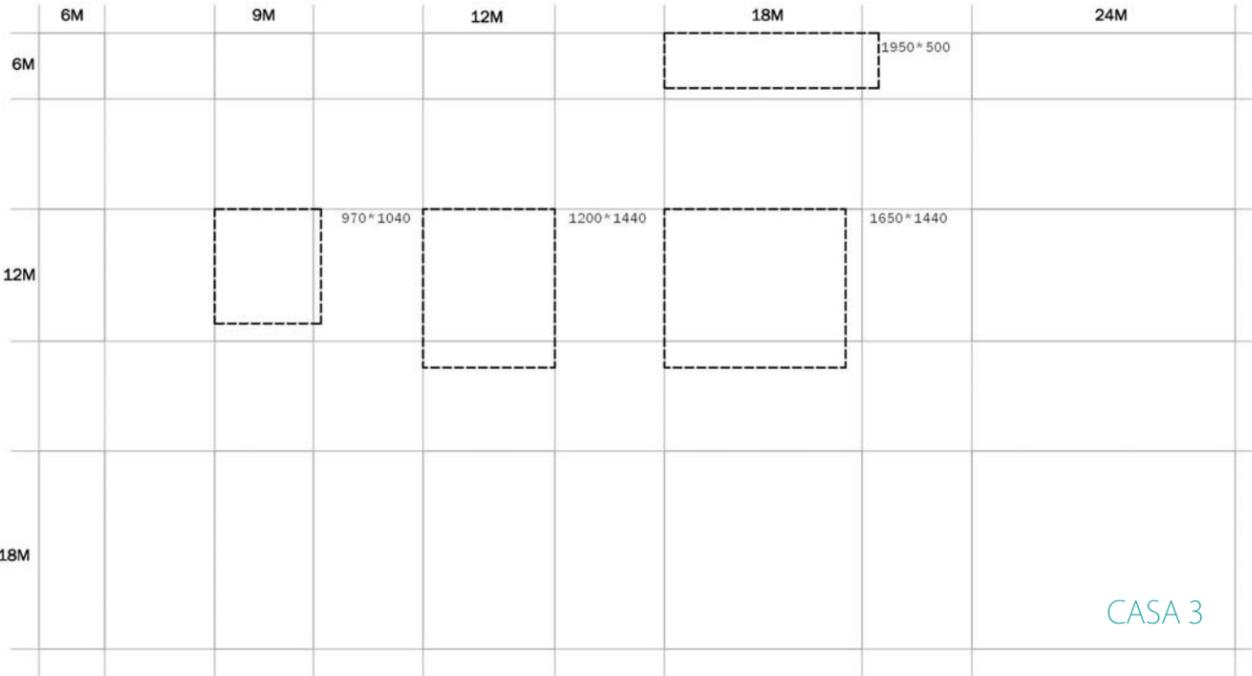
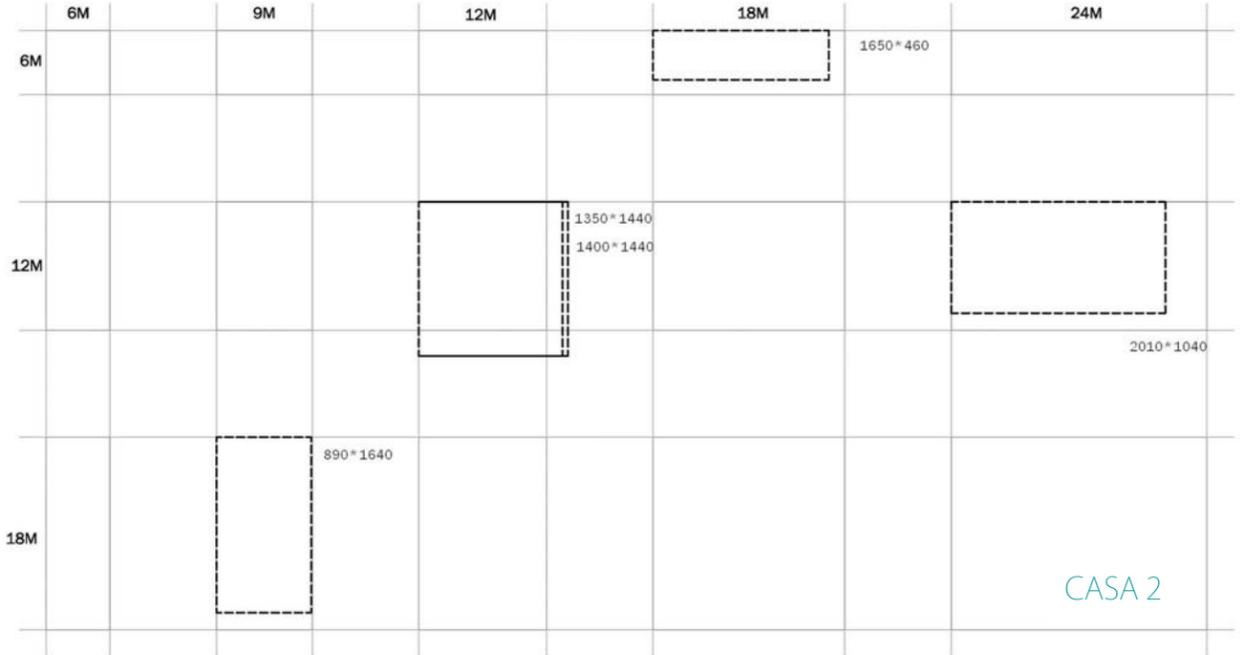
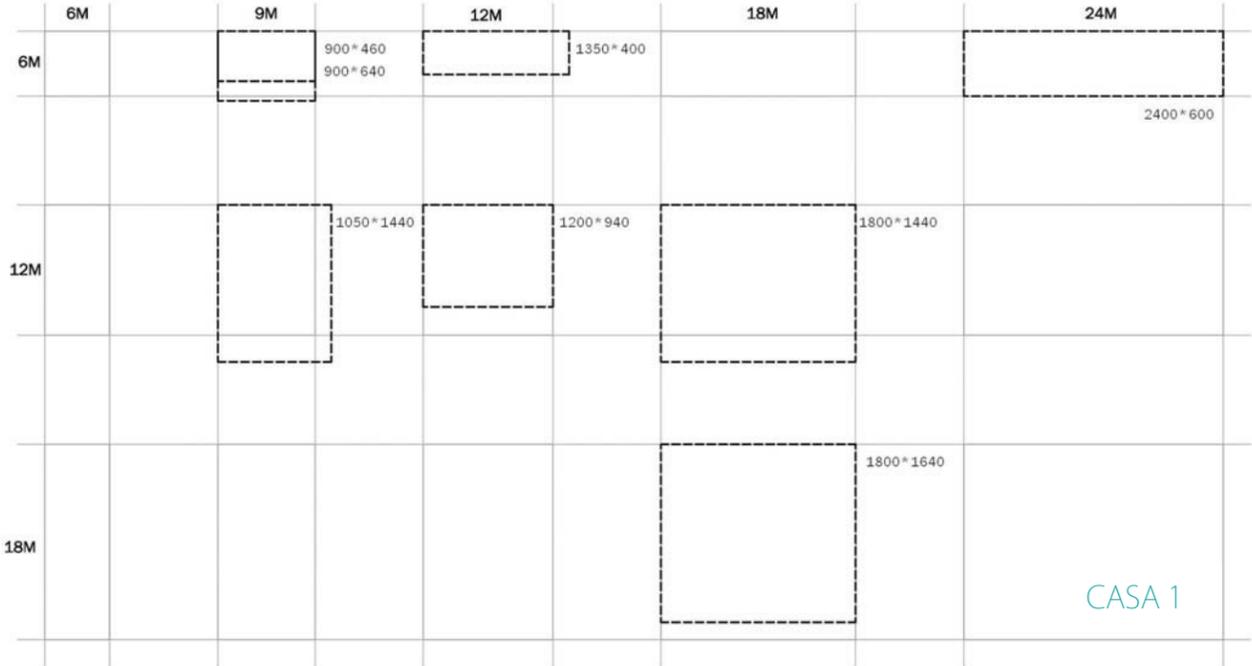


Imagen 19 Ilustración de las dimensiones de ventanas utilizadas por la Empresa A en cada tipología de vivienda en contra posición a las medidas modulares recomendadas

900 * 460 = dimensiones en milímetros de ancho y alto, respectivamente, para ventanas utilizadas por cada empresa

Empresa B ²

La primera compañía adicional a la Empresa A se le llamará **Empresa B** durante todo el análisis. A continuación se presentan los tamaños de ventanas y puertas utilizados en la Empresa B en uno de sus residenciales, adicionando imágenes mostrando la diferencia entre dichos tamaños y las dimensiones modulares propuestas.

Empresa B

Dimensiones de Buques de Puertas y Ventanas (ancho*alto en mm)

| USO | puerta | | ventana | | |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------|----------------------|---------------------|
| | X Ancho de buque | Y Altura de buque | A Antepecho | B Altura de buque | C Ancho de buque |
| Entrada | 980 | 2140 | | | |
| Salida | | | | | |
| Pilas | 930 | 2140 | 1200 | 940 | 670 |
| Dormitorio Principal | 880 | 2140 | 800 | 1400 | 1980 |
| Dormitorio 2 | 880 | 2140 | 800 | 1400 | 1470 |
| Dormitorio 3 | 850 | 2140 | 800 | 800 | 1470 |
| Sala | | | 400 | 1800 | 1700 |
| Comedor | | | | | |
| Baño Visitas | 780 | 2140 | 400 | 1800 | 400 |
| Baño Principal | 780 | 2140 | 600 | 1600 | 400 |
| Baño 2 | 780 | 2140 | 1600 | 600 | 800 |
| Terraza | 2170 | 2140 | 2600 | 670 | 1200 |
| Oficina | | | | | |
| Bodega | 630 | 1400 | | | |

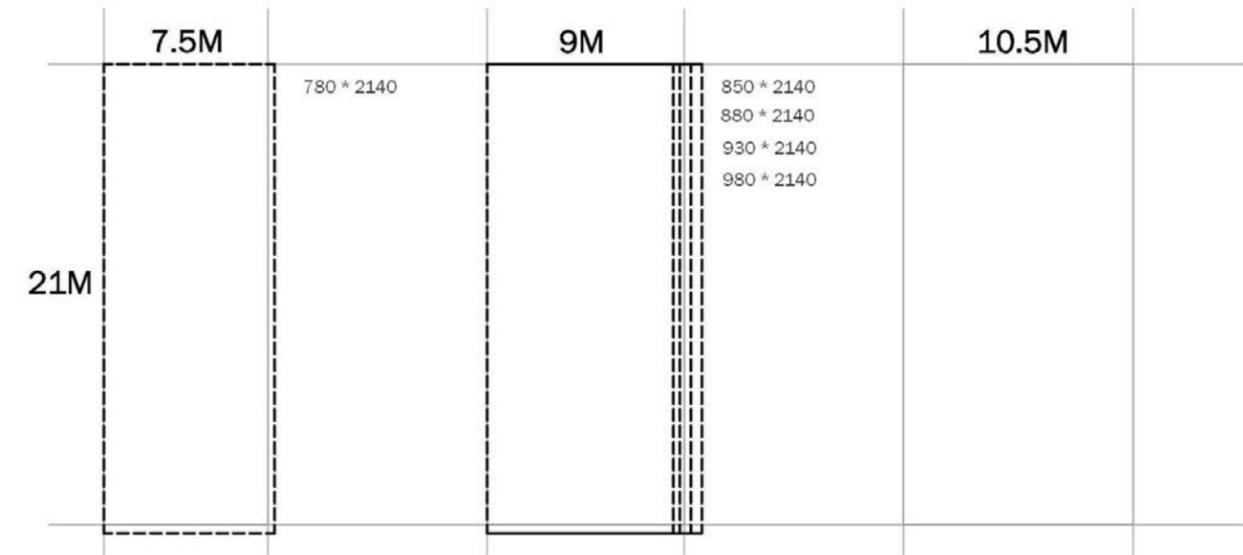


Imagen 20 Ilustración de las dimensiones de puertas utilizadas en Empresa B

780 * 2140 = dimensiones en milímetros de ancho y alto, respectivamente, para puertas utilizadas por cada

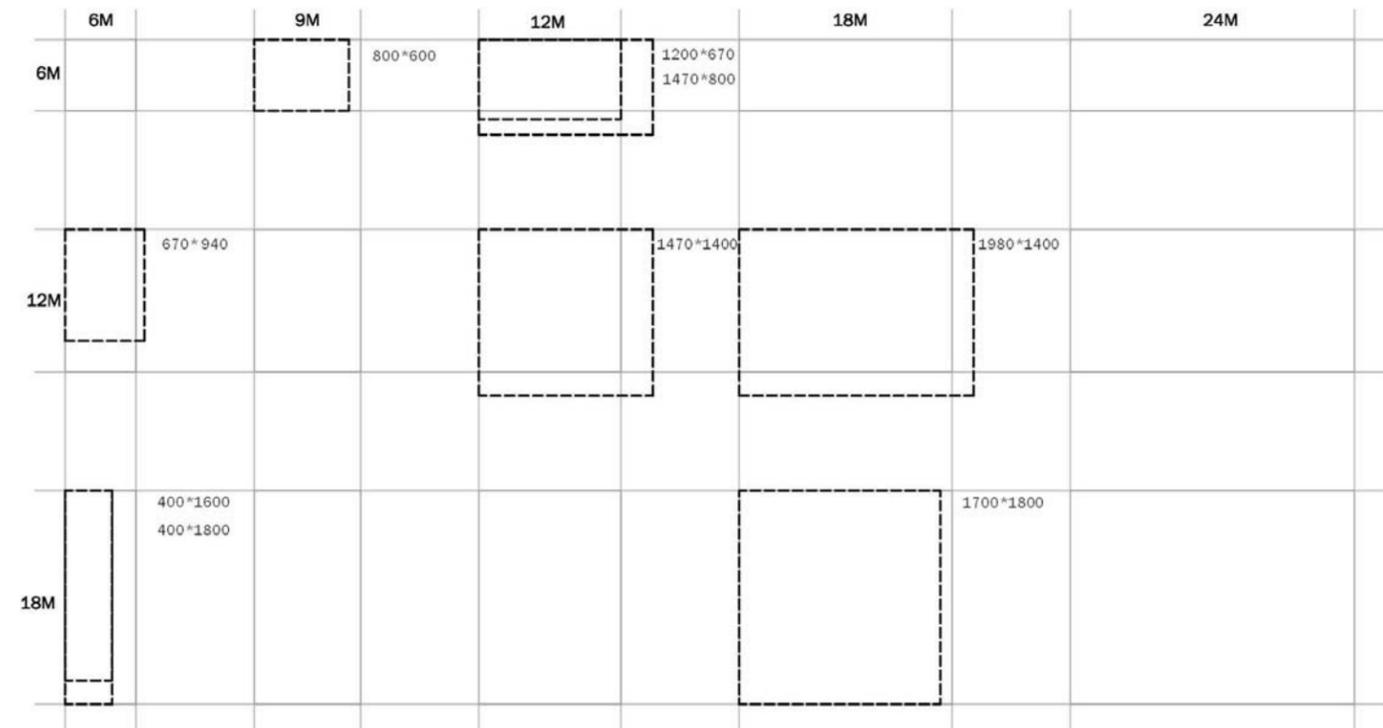


Imagen 21 Ilustración de las dimensiones de ventanas utilizadas en Empresa B

800 * 600 = dimensiones en milímetros de ancho y alto, respectivamente, para ventanas utilizadas por cada empresa

² Apéndice

Empresa C³

A la segunda compañía se denominará **Empresa C**. En la tabla siguiente se muestran las dimensiones utilizadas por esta empresa en puertas y ventanas; igualmente adicionando imágenes mostrando la diferencia entre dichos tamaños y las dimensiones modulares propuestas.

Proyecto: Empresa C

Dimensiones de Buques de Puertas y Ventanas (ancho*alto en mm)

| USO | puerta | | ventana | | |
|----------------------|------------------------|-------------------------|----------------|----------------------|------------------------|
| | X Ancho de buque | Y Altura de buque | A Antepecho | B Altura de buque | C Ancho de buque |
| Entrada | 960 | 2130 | 900 | 1200 | 1400 |
| Salida | 960 | 2130 | 1100 | 1000 | 1100 |
| Pilas | | | | | |
| Dormitorio Principal | 860 | 2130 | 900 | 1200 | 1400 |
| Dormitorio 2 | 860 | 2130 | 900 | 1200 | 1400 |
| Dormitorio 3 | | | | | |
| Sala | | | | | |
| Comedor | | | | | |
| Baño Visitas | | | | | |
| Baño Principal | 860 | 2130 | 300 | 800 | |
| Baño 2 | | | | | |
| Terraza | | | | | |
| Oficina | | | | | |
| Bodega | | | | | |

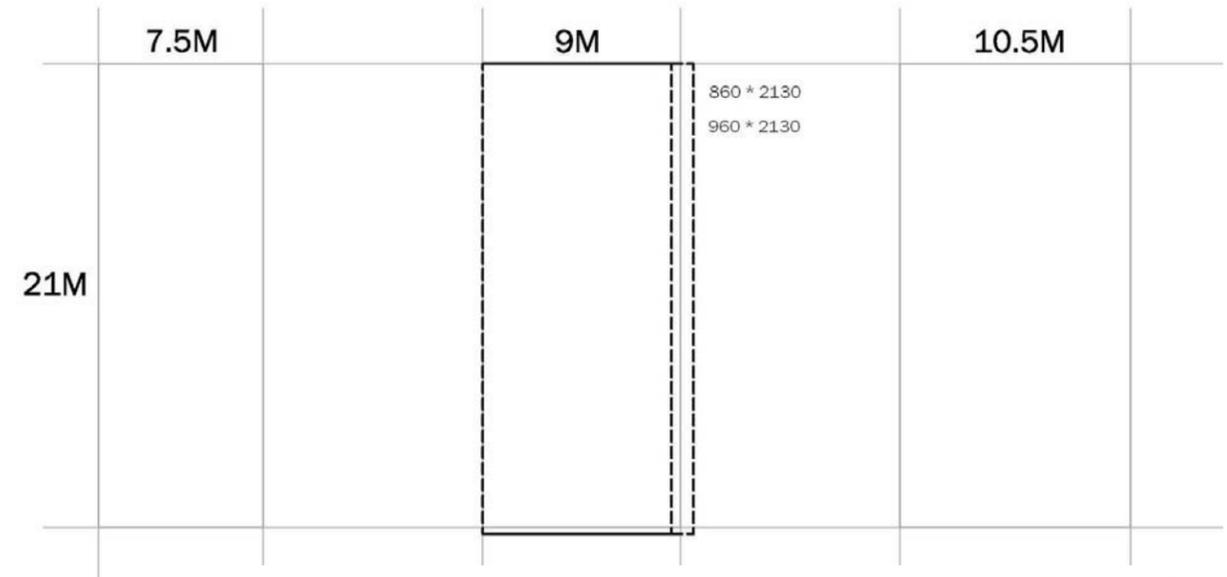


Imagen 22 Ilustración de las dimensiones de puertas utilizadas en Empresa C

860 * 2130 = dimensiones en milímetros de ancho y alto, respectivamente, para puertas utilizadas por cada empresa

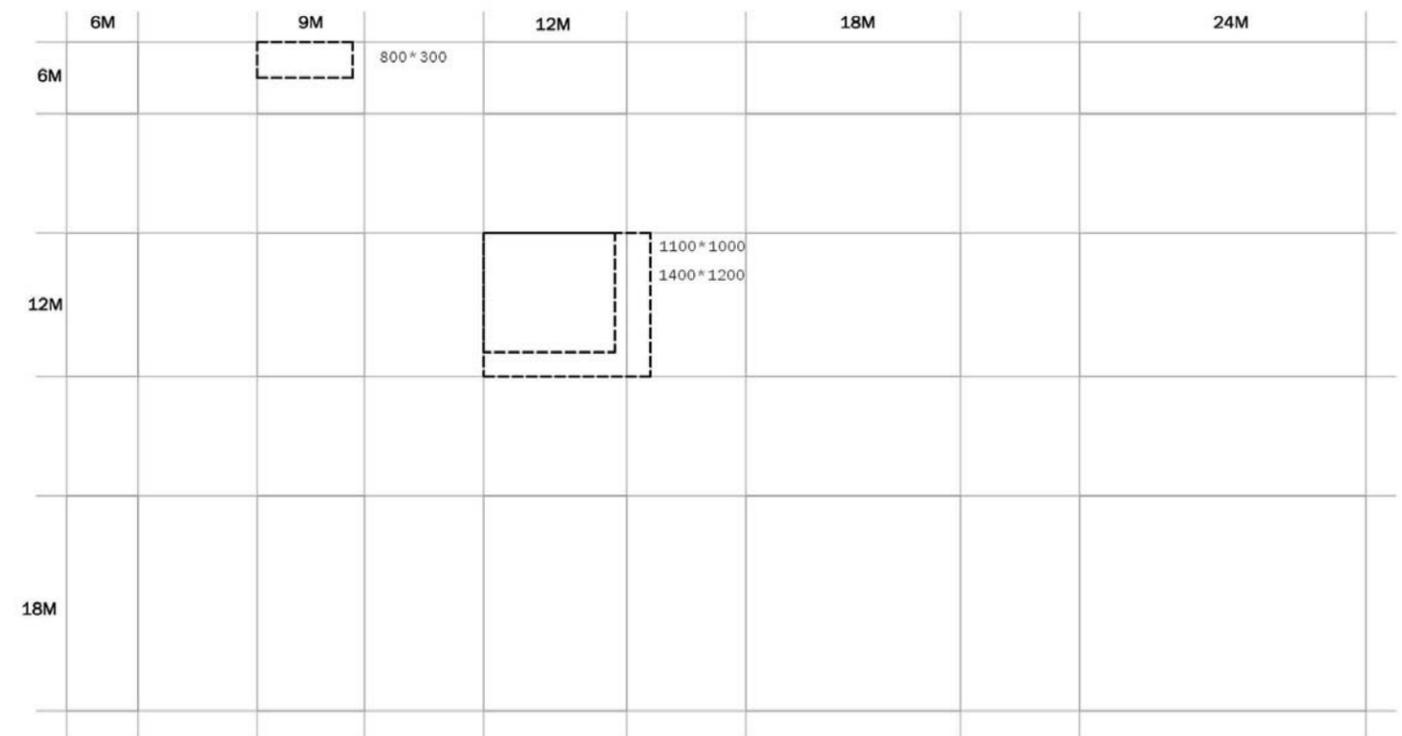


Imagen 23 Ilustración de las dimensiones de ventanas utilizadas en Empresa C

800 * 300 = dimensiones en milímetros de ancho y alto, respectivamente, para ventanas utilizadas por cada empresa

³ Apéndice

Empresa D ⁴

La tercera compañía se llamará **Empresa D** durante todo el análisis. En la tabla siguiente se muestran las dimensiones utilizadas por esta empresa en puertas y ventanas; igualmente adicionando imágenes mostrando la diferencia entre dichos tamaños y las dimensiones modulares propuestas.

Proyecto: Empresa D

Dimensiones de Buques de Puertas y Ventanas (ancho*alto en mm)

| USO | puerta | | ventana | | |
|-------------|---------------------|----------------------|----------------|----------------------|---------------------|
| | X Ancho de buque | Y Altura de buque | A Antepecho | B Altura de buque | C Ancho de buque |
| Entrada | 1050 | 2150 | | | |
| | 1200 | 2200 | | | |
| Dormitorios | 900 | 2150 | | 1500 | 1400 |
| | 900 | 2200 | | 1500 | 1600 |
| | | | | 1800 | 1400 |
| | | | | 1800 | 1600 |
| | | | | 1950 | 1400 |
| | | | | 1950 | 1600 |
| | | | | 2100 | 1400 |
| | | | | 2100 | 1600 |
| Cocina | 900 | 2150 | | 1200 | 800 |
| | 900 | 2200 | | 1200 | 1000 |
| | | | | 1350 | 800 |
| | | | | 1350 | 1000 |
| | | | | 1500 | 800 |
| | | | | 1500 | 1000 |
| | | | | 1800 | 800 |
| | | | | 1800 | 1000 |
| Baños | 750 | 2150 | | 900 | 400 |
| | 750 | 2200 | | 1050 | 400 |
| | | | | 1200 | 400 |

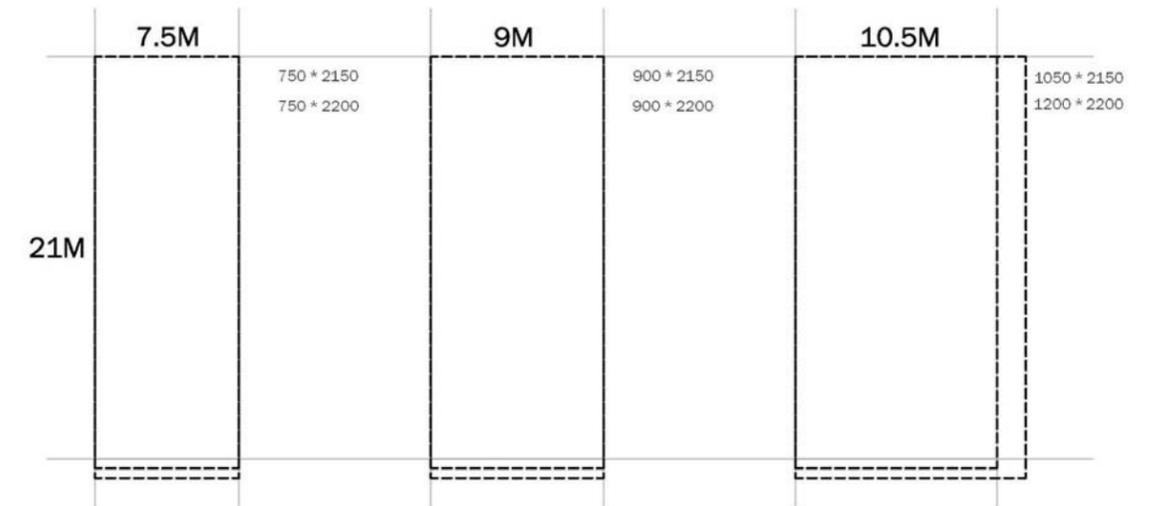


Imagen 24 Ilustración de las dimensiones de puertas utilizadas en Empresa D

750 * 2150 = dimensiones en milímetros de ancho y alto, respectivamente, para puertas utilizadas por cada empresa

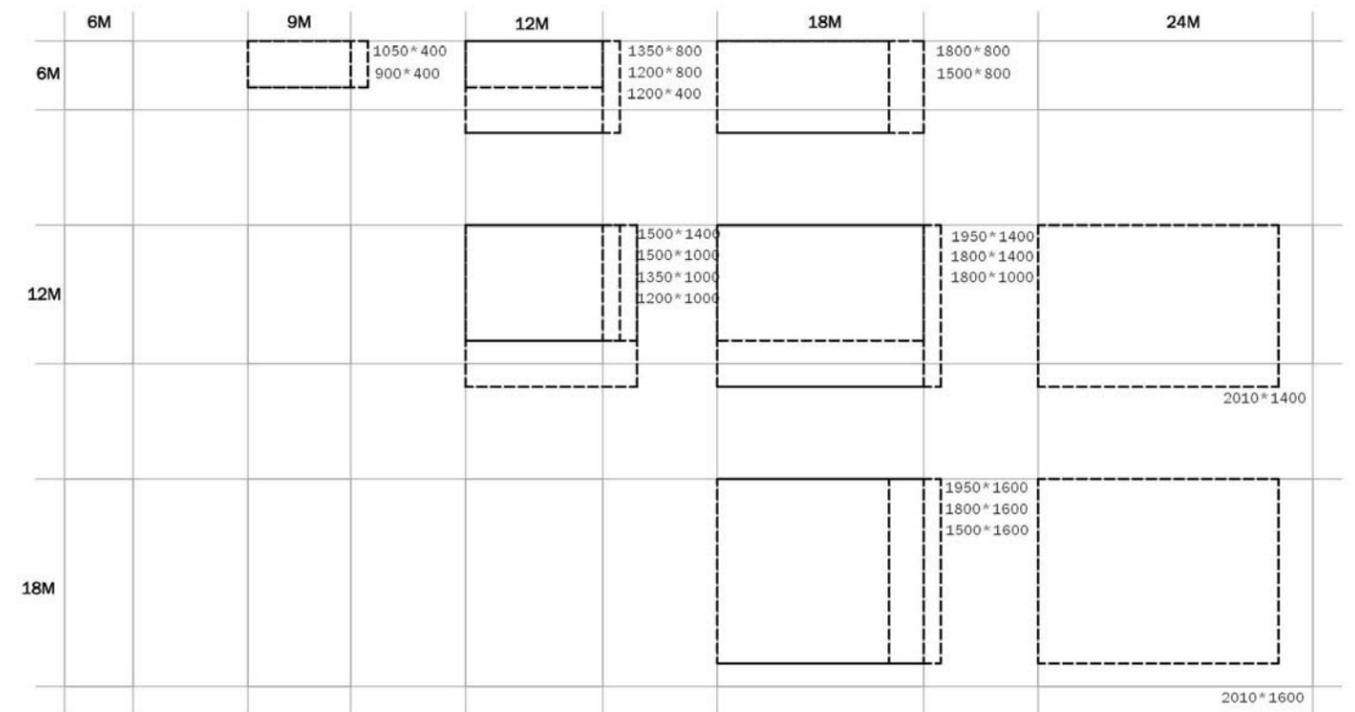


Imagen 25 Ilustración de las dimensiones de ventanas utilizadas en Empresa D

1050 * 400 = dimensiones en milímetros de ancho y alto, respectivamente, para ventanas utilizadas por cada empresa

⁴ Apéndice

Síntesis de ventanas y puertas existentes

En la imagen 26 se muestra cuales dimensiones de ventana son mayormente utilizados por las Empresas B, C y D. Según la simbología podemos notar que la ventana 12Mx12M y 12Mx6M son las más populares. En la imagen 27 podemos ver la concurrencia de las ventanas de las diferentes tipologías de vivienda de la Empresa A. En este caso igualmente el tamaño modular donde podemos agrupar mayor cantidad de dimensiones de ventana es 12Mx12M.

La imagen 28 representa todos los diferentes tamaños de puertas utilizados por la cuatro empresas analizadas en contra posición a los tamaños generados por el tipo de mampostería seleccionada, en este caso es TEKNOBLOCK. Estos tamaños se explican en la propuesta de puertas y se exponen cuales son tomados de la teoría sobre Coordinación Modular.

Cantidad de ventanas

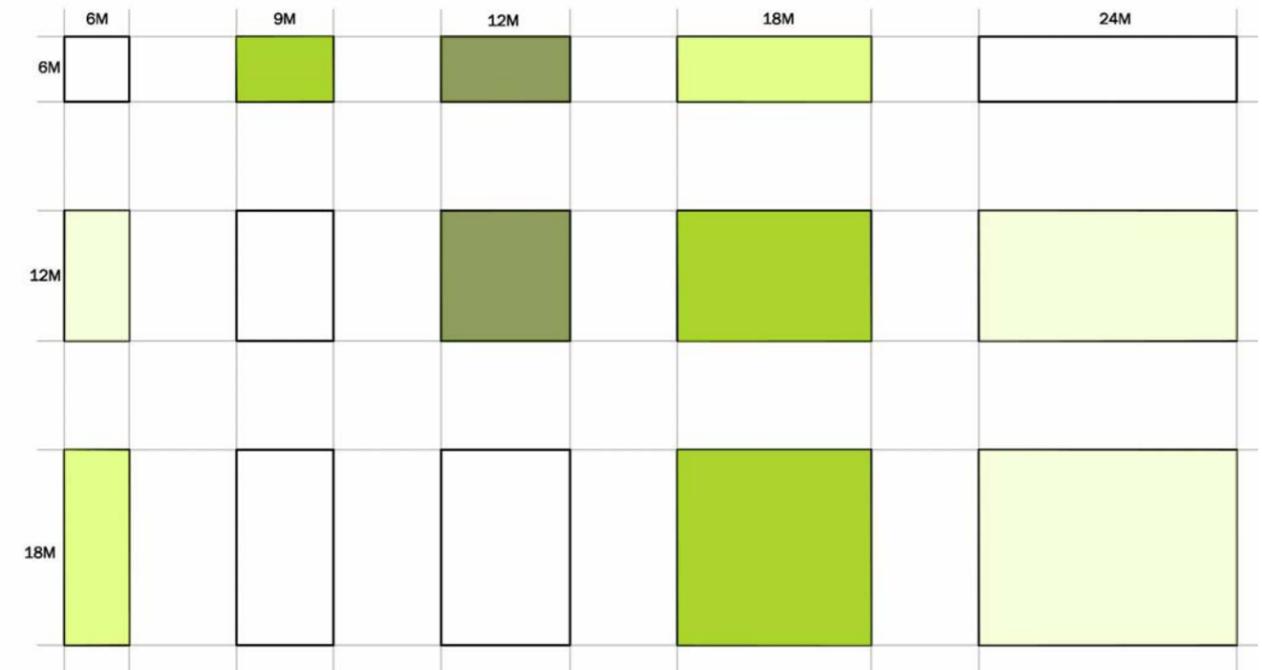
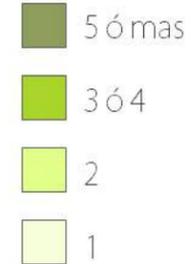


Imagen 26 Agrupación de tamaños de ventanas de las diferentes empresas

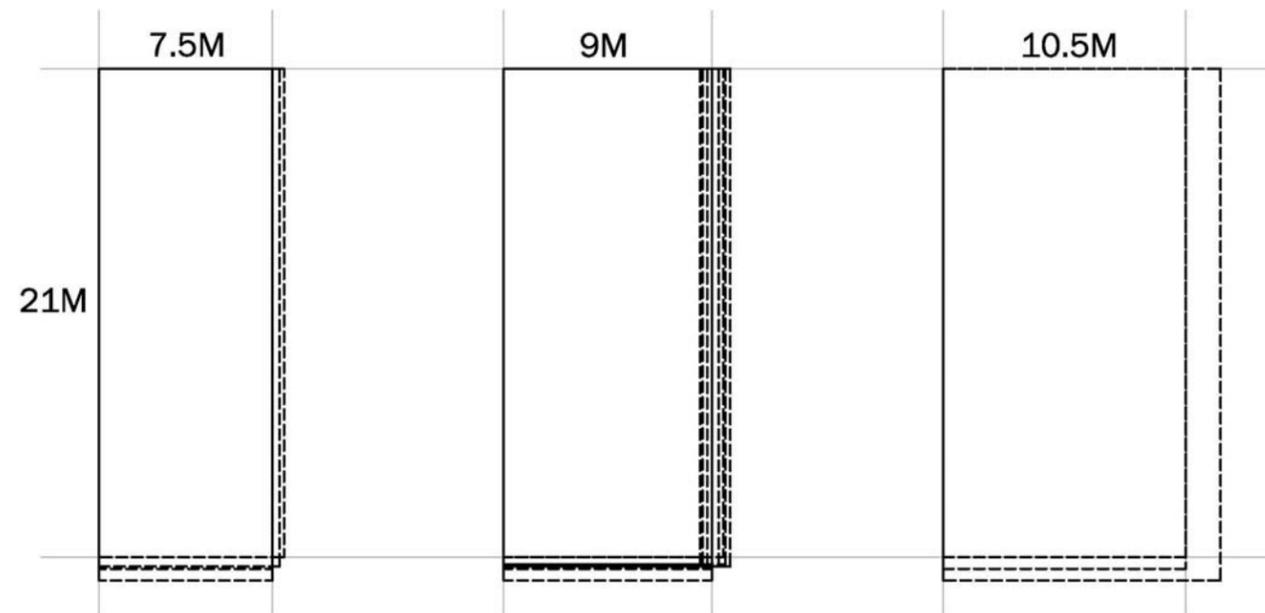


Imagen 28 Ilustración de puertas utilizadas por todas las empresas

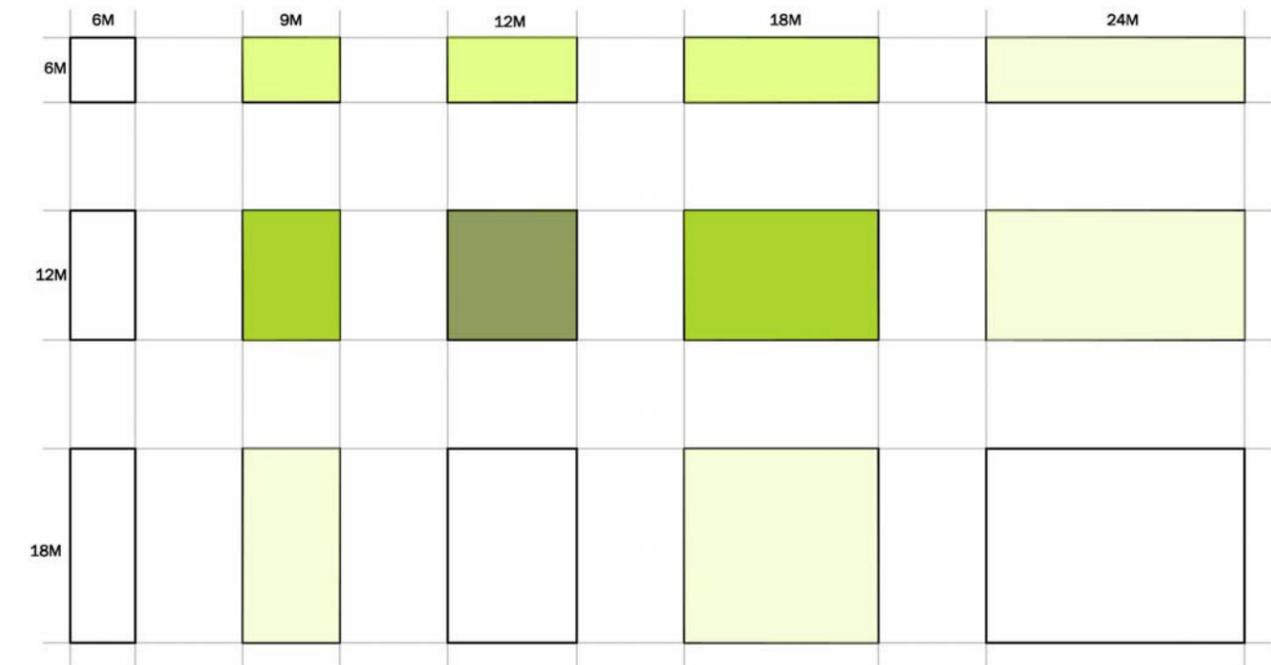
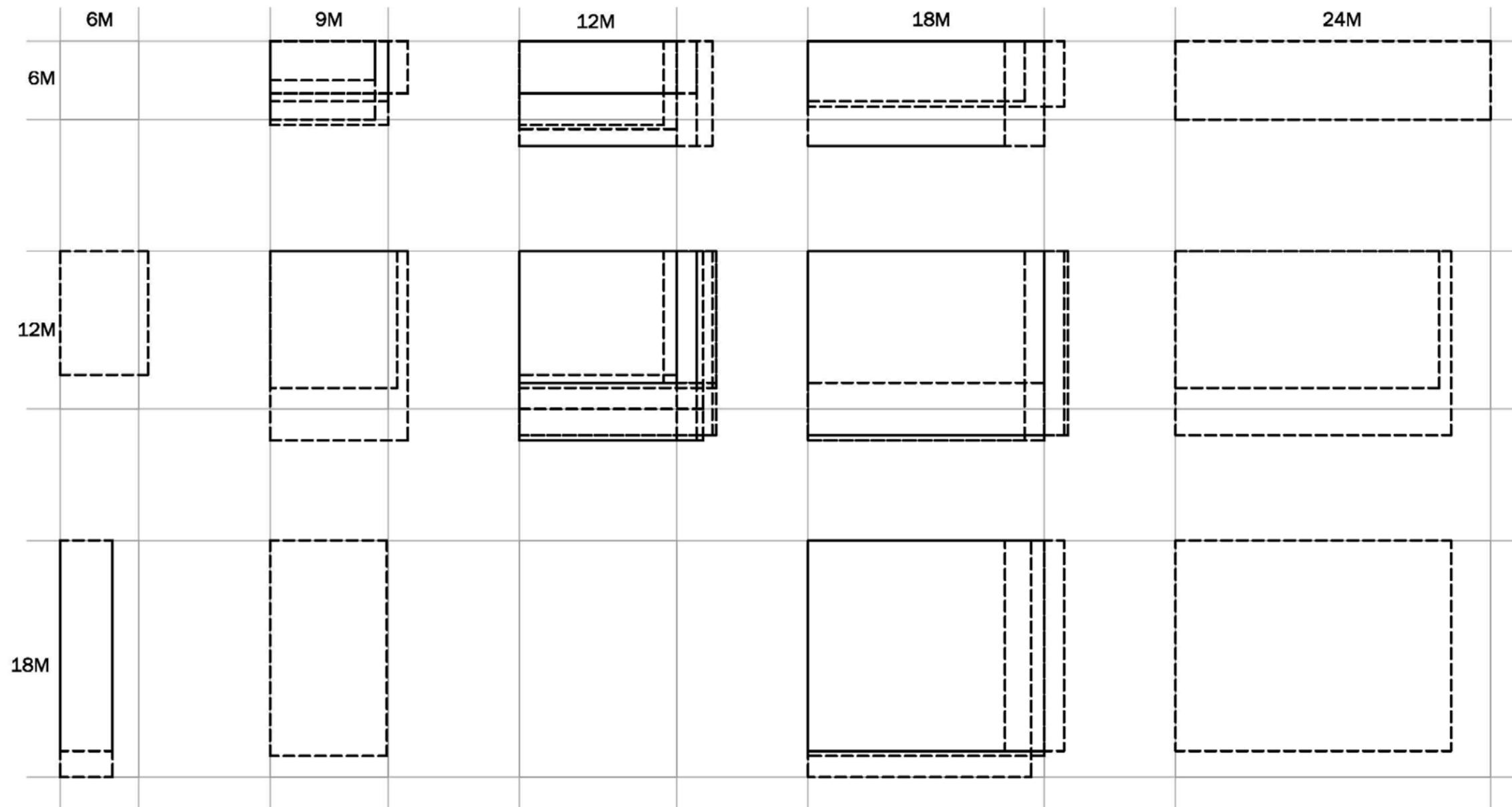


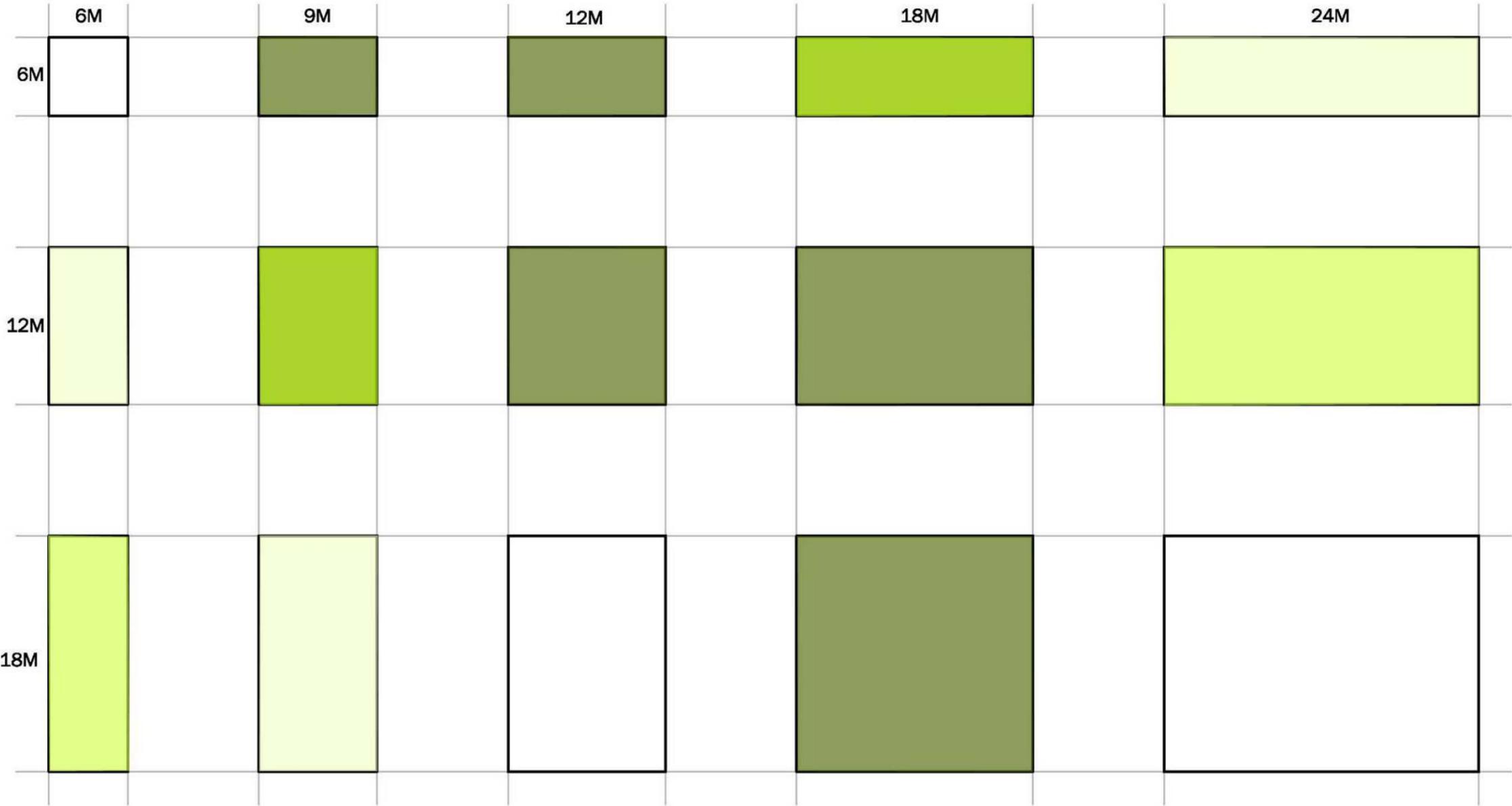
Imagen 27 Agrupación de tamaños de ventanas de la Empresa A

Comparación de ventanas más utilizadas y los tamaños modulares más cercanos



Como se muestra en la figura se puede deducir que existen distintos tamaños de ventanas no modulares según las medidas propuestas, y a la vez se puede inducir ciertos tamaños modulares en los cuales se agrupan varias dimensiones de ventanas no modulares. Por lo tanto se propondrá a continuación la recomendación de dimensiones de ventanas modulares.

Síntesis de ventanas modulares más utilizadas, por frecuencia de uso



En esta imagen, por medio de la escala de colores, se puede diferenciar cuales son las dimensiones de ventanas más utilizadas por las distintas compañías incluyendo a la Empresa A. De esta manera, en la siguiente sección se puede proponer los estándares iniciales para ventanas modulares en Costa Rica.

Cantidad de ventanas

- 5 ó mas
- 3 ó 4
- 2
- 1

Propuesta inicial de estandarización de tamaños de ventanas

Las dimensiones más frecuentes de ventanas modulares que se proponen como estándares para Costa Rica son aquellas que tienen más de 5 repeticiones entre las empresas estudiadas:

- a. 6Mx9M,
- b. 6Mx12M,
- c. 12Mx12M,
- d. 12Mx18M,
- e. 18Mx18M.

Se propone así, un primer intento en Costa Rica de estandarización de dimensiones de ventanas modulares con el fin de facilitar su prefabricación en empresas especializadas de

| | 6M | 9M | 12M | 18M | 24M |
|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 6M | | | | | |
| 12M | | | | | |
| 18M | | | | | |

Propuesta de estandarización de tamaños de puertas

Los tamaños de puertas “naturales” a los bloques TEKNOBLOCK modulares son 7.5M, 9M y 10.5M, todas de 21M de alto. En la realidad las puertas de 7.5Mx21M deberán de medir 8Mx21M; esto se debe al Reglamento de Construcción, Capítulo 6. Edificios para Habitación Unifamiliar y Multifamiliar en el artículo VI.3. Dimensiones mínimas.” VI. 3.5. *Tamaño de las puertas: La altura mínima de puerta es de dos metros (2,00 m); el ancho, de noventa centímetros (0,90 m), salvo para piezas no habitables en cuyo caso podrá ser de ochenta centímetros (0,80 m).*” Así mismo, las puertas cuya dimensión es 10.5Mx21M deberán de medir 10Mx21M, pues 10.5 M no es una medida aprobada por las normas de INTE de la Coordinación Modular. Aclarado lo anterior, se dejaron planteados los tamaños que se presentan a continuación en la imagen 29, pues estos son los generados por el sistema modular TEKNOBLOCK, utilizado en todas las tipologías de vivienda. Sin embargo, en la imagen 30 se muestran los tamaños propuestos en las normas INTE de la Coordinación Modular. Además, en el cuadro inferior de la derecha se sintetizan todos los tamaños y sus principales usos. Para finalizar, con el color amarillo se resalta la puerta de dimensión 9Mx21M pues es la única que se genera por medio del sistema modular TEKNOBLOCK y también cumple con las normas INTE.

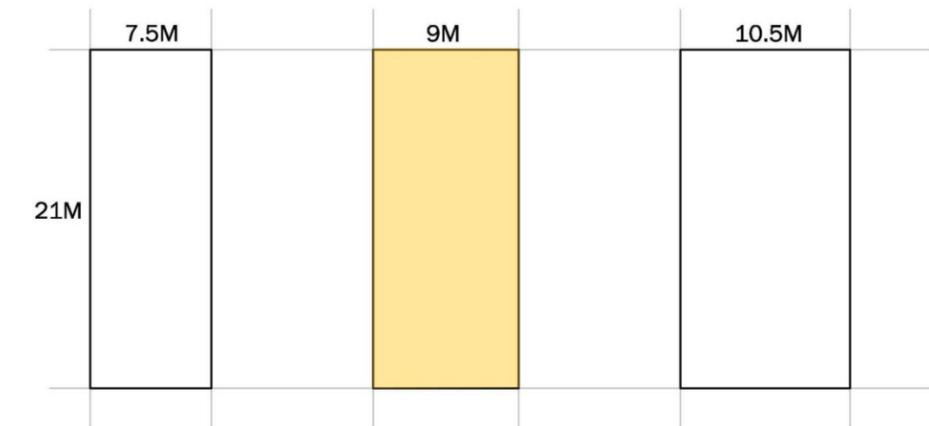
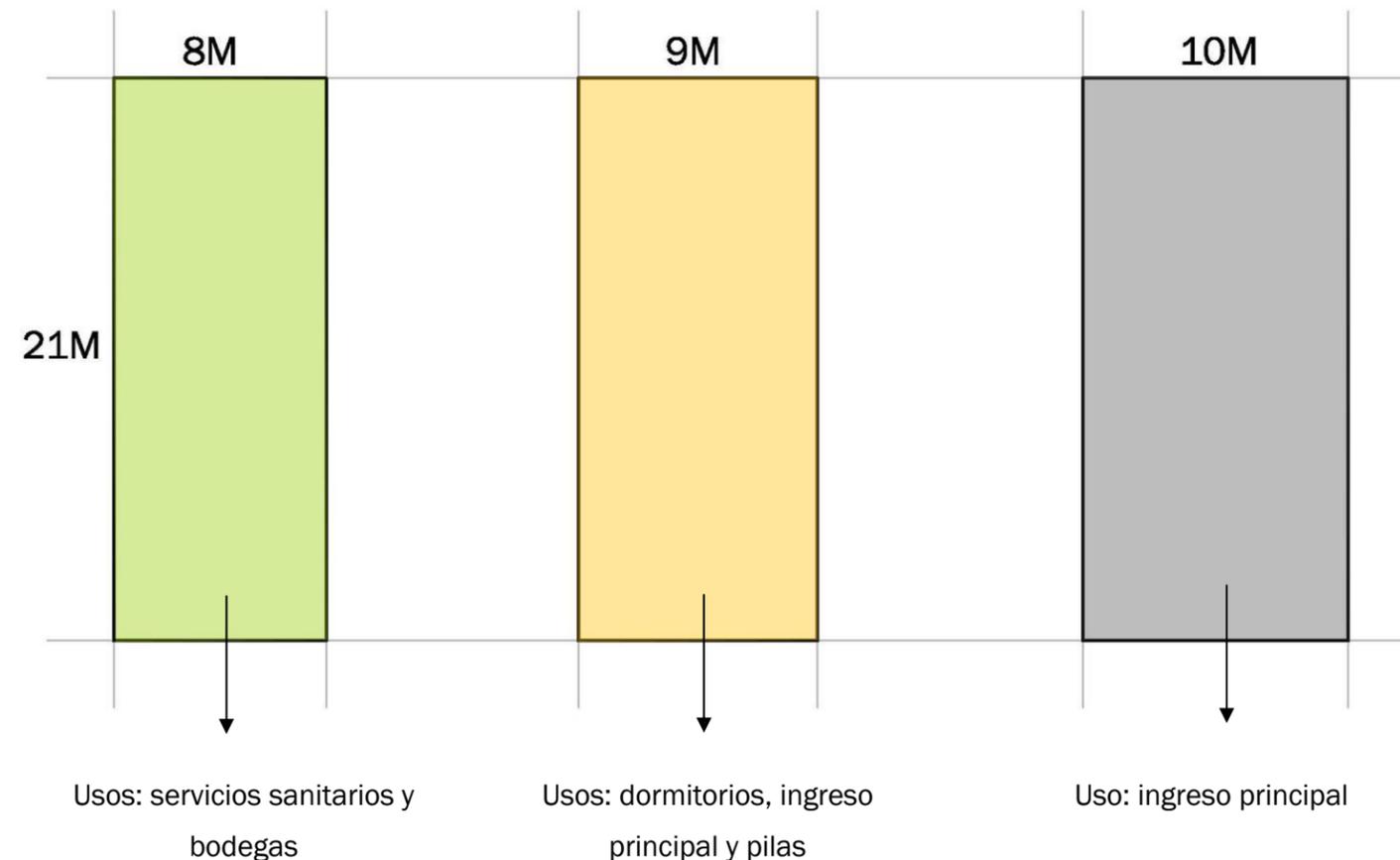


Imagen 29 Ilustración de dimensiones de puertas “naturales” al TECNOBLOCK

Imagen 30 Tamaños modulares para puertas propuestas por la Coordinación Modular (INTE 06-05-02-08, 2007)

7. Propuesta de Diseño Optimizado

Descripción del diseño propuesto por el autor

En la siguiente sección se propone un diseño completamente nuevo al cual se le llamará PROTOTIPO 5. Esta tipología cumple con los requisitos de las normas INTE y pretende satisfacer las necesidades de más clientes que buscan una vivienda de clase media, segura y accesible. Se plantea este diseño nuevo más 2 modificaciones donde el usuario podrá escoger; a continuación se presentan las características de cada diseño y el nombre con el cual se presentara de aquí en adelante.

Prototipo 5.1_ Diseño Básico

Este cuenta con:

- sala
- comedor
- cocina
- oficina
- pilas
- 2 dormitorios
- 1 baño
- closet de blancos
- 1 estacionamiento

El área es de 57 m² sin contar el garaje y posee zonas verdes tanto en la parte frontal como posterior.

Prototipo 5.2_ Diseño Compacto

Este cuenta con:

- sala
- comedor
- cocina
- pilas
- 2 dormitorios
- 1 baño
- closet de blancos
- 1 estacionamiento

El área es de 55 m² sin contar el garaje y posee zonas verdes tanto en la parte frontal como posterior.

Prototipo 5.3_ Diseño Ampliado

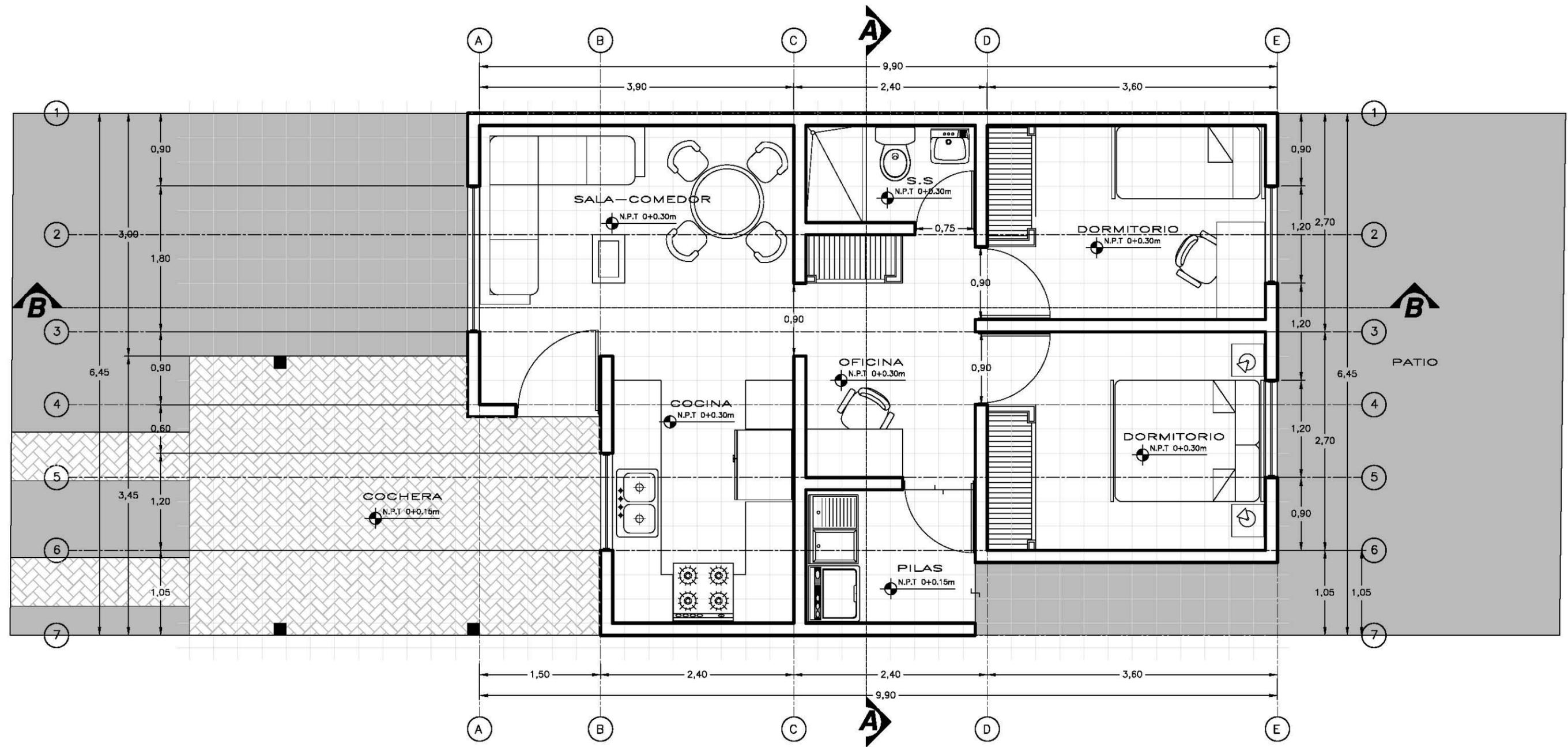
Este cuenta con:

- sala
- comedor
- cocina
- oficina
- pilas
- 2 dormitorios más amplios
- Patio privado
- 1 baño
- 1 estacionamiento

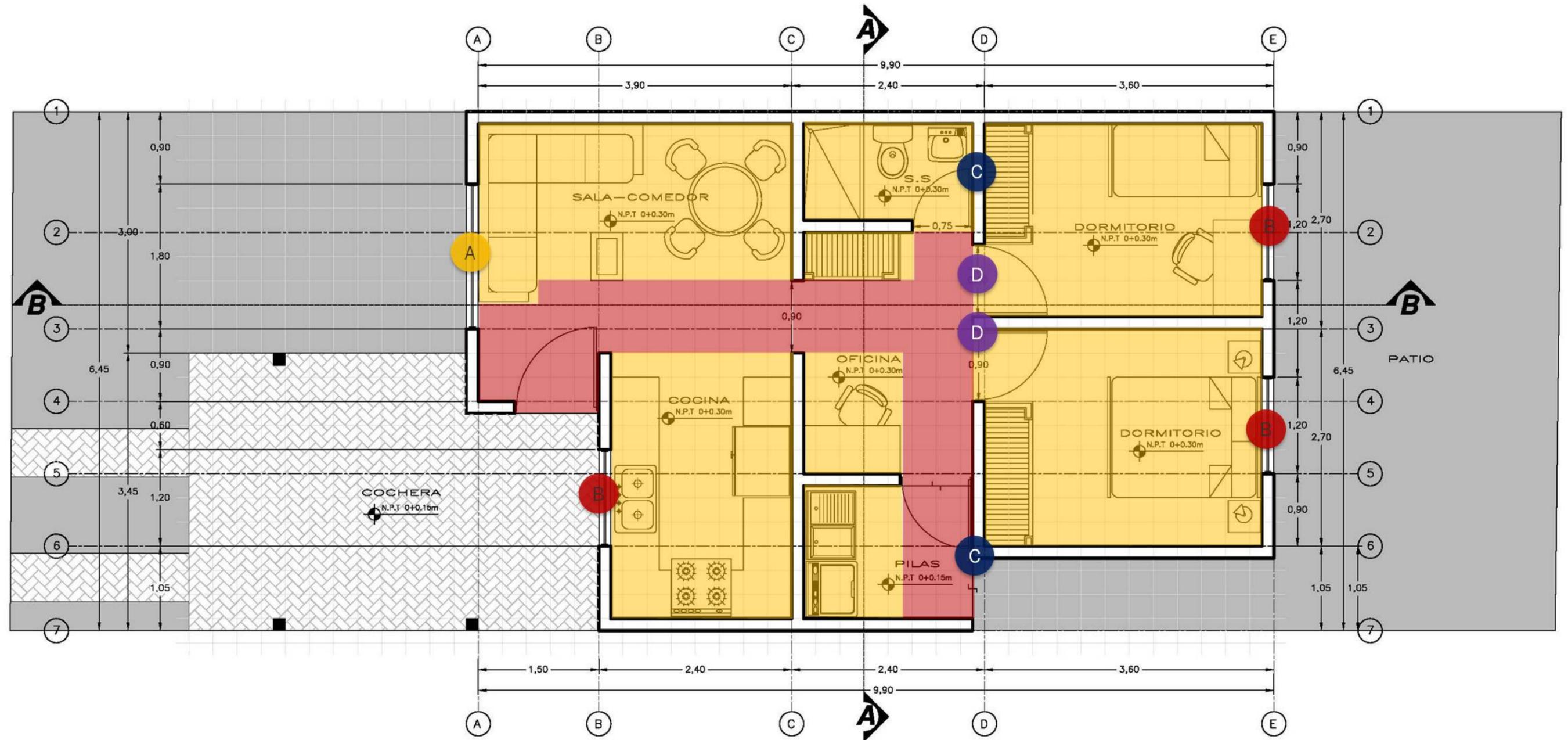
El área es de 60 m² sin contar el garaje y posee una zona verde en la parte frontal de la vivienda.

Planos Arquitectónicos

Prototipo 5.1_ diseño BÁSICO_ escala 1:50

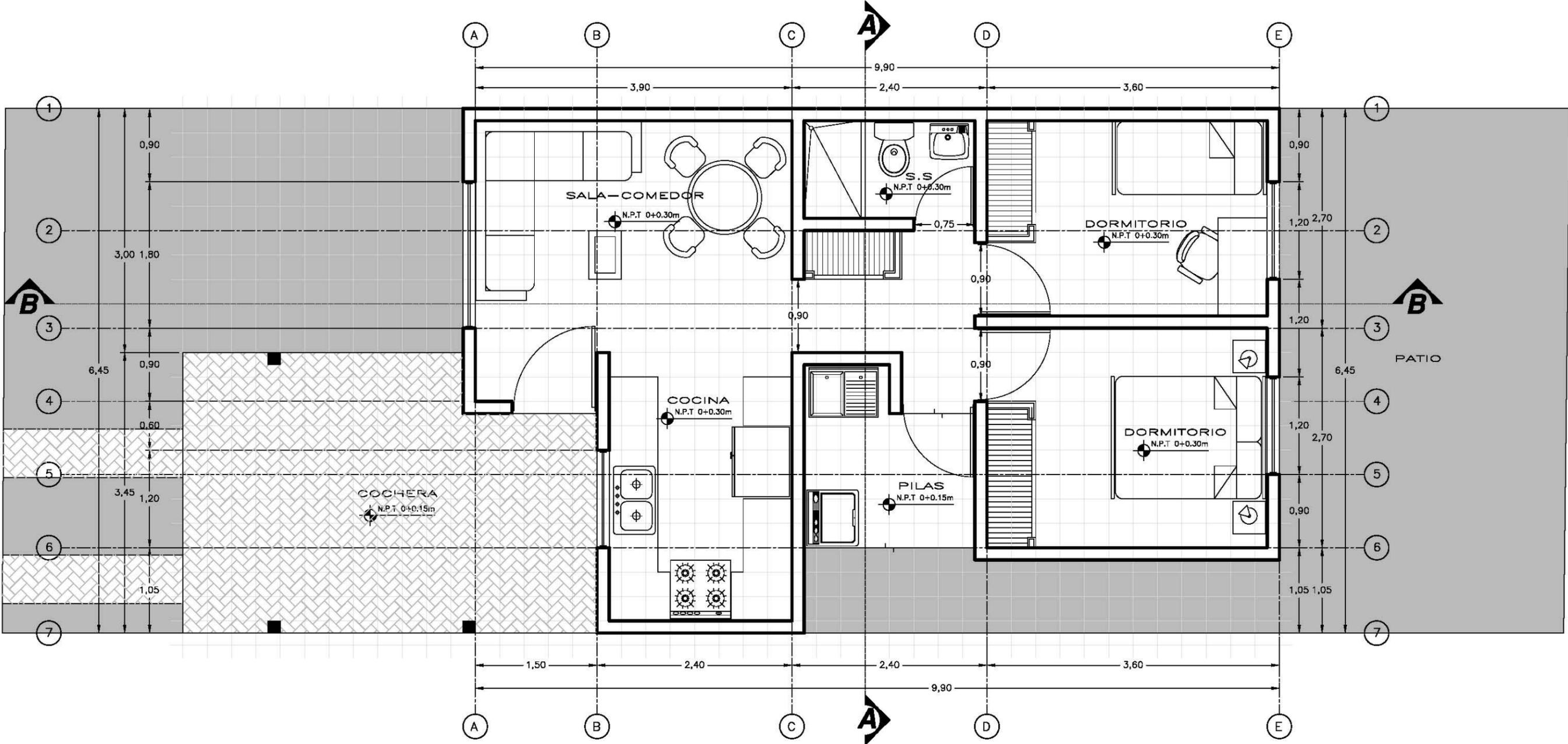


Prototipo 5.1_ diseño BÁSICO _ escala 1:50_ análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas

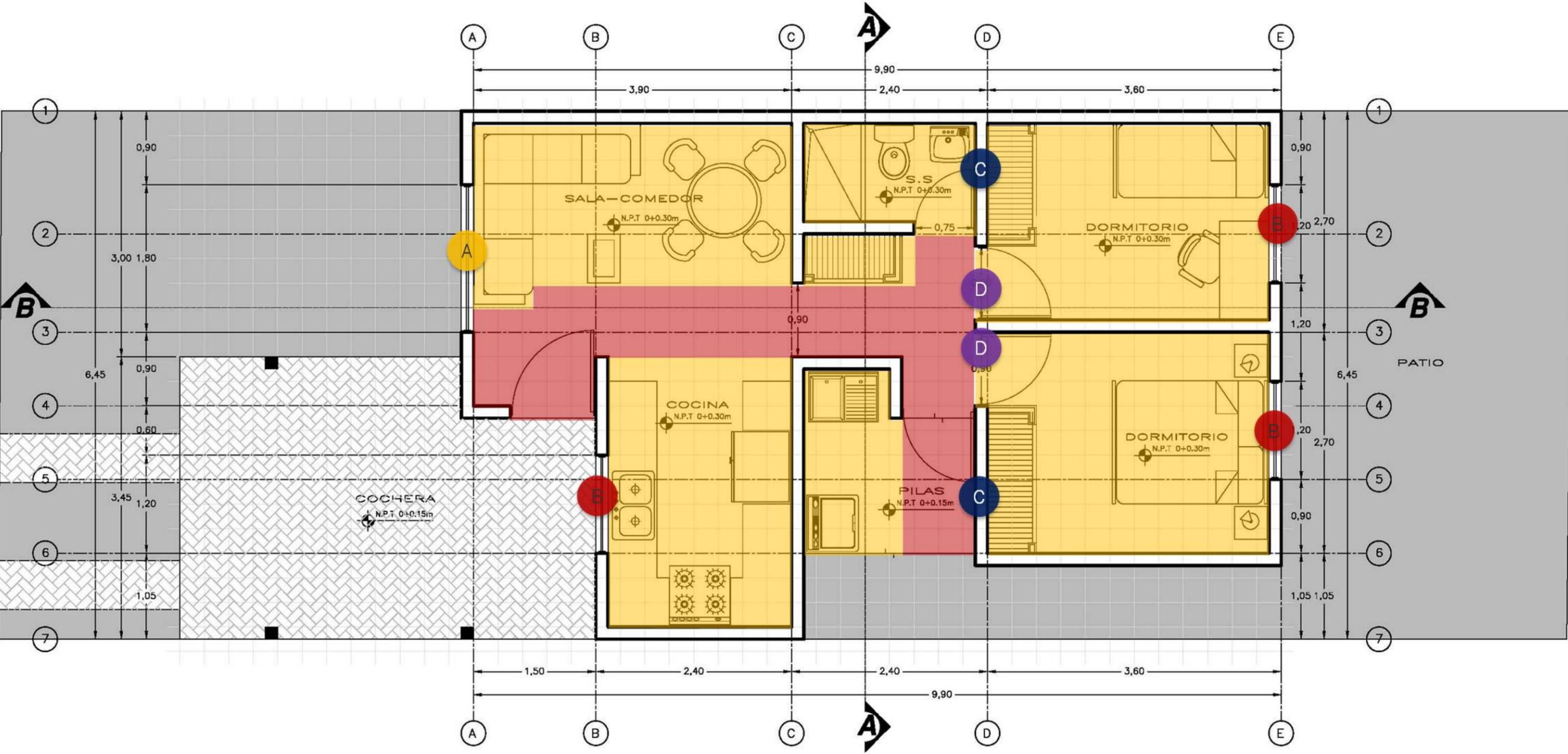


Simbología: área útil área de circulación

Prototipo 5.2 _ diseño COMPACTO_ escala 1:50

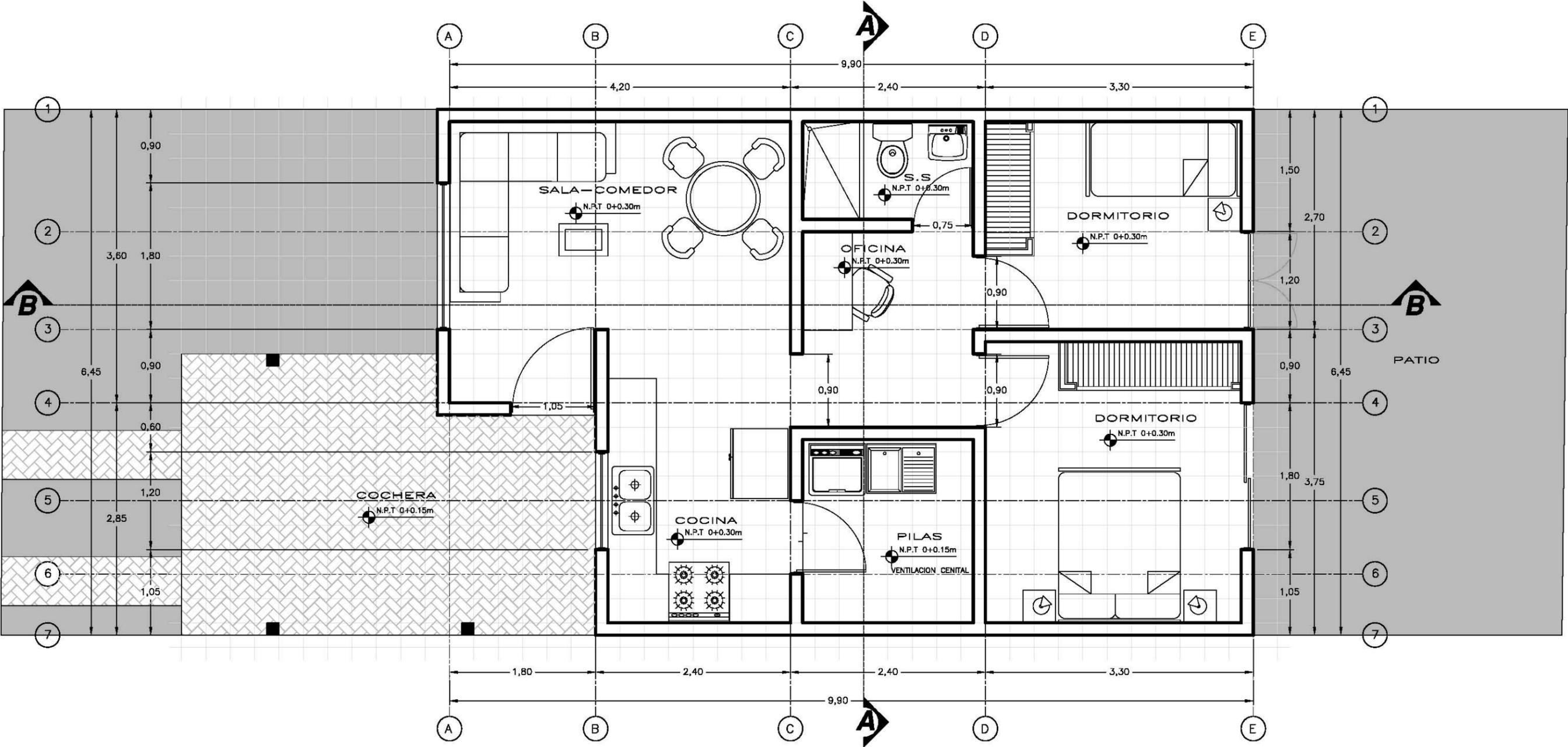


Prototipo 5.2_ diseño COMPACTO_ escala 1:50_ análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas

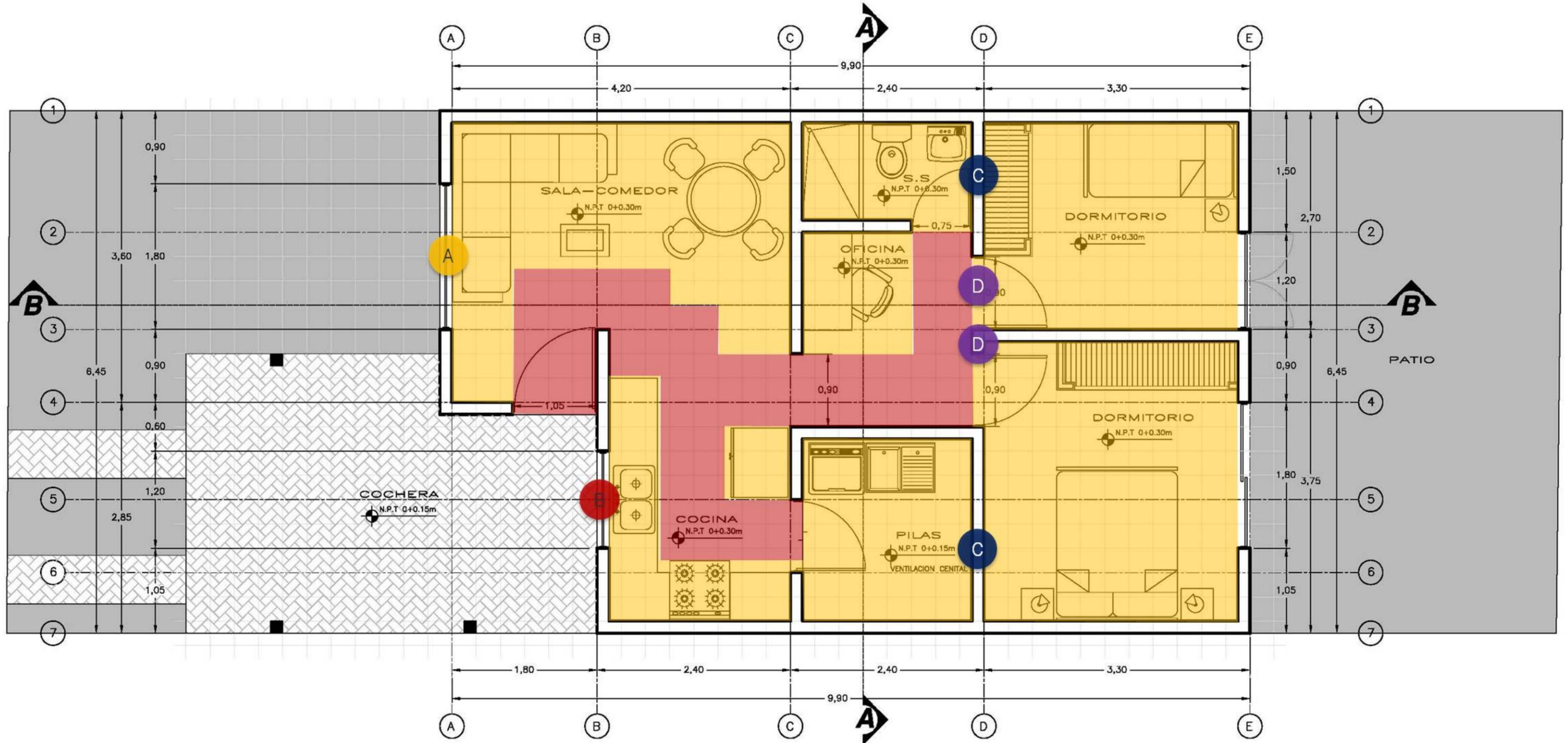


Simbología: ● área útil ● área de circulación

Prototipo 5.3 _ diseño AMPLIADO_ escala 1:50



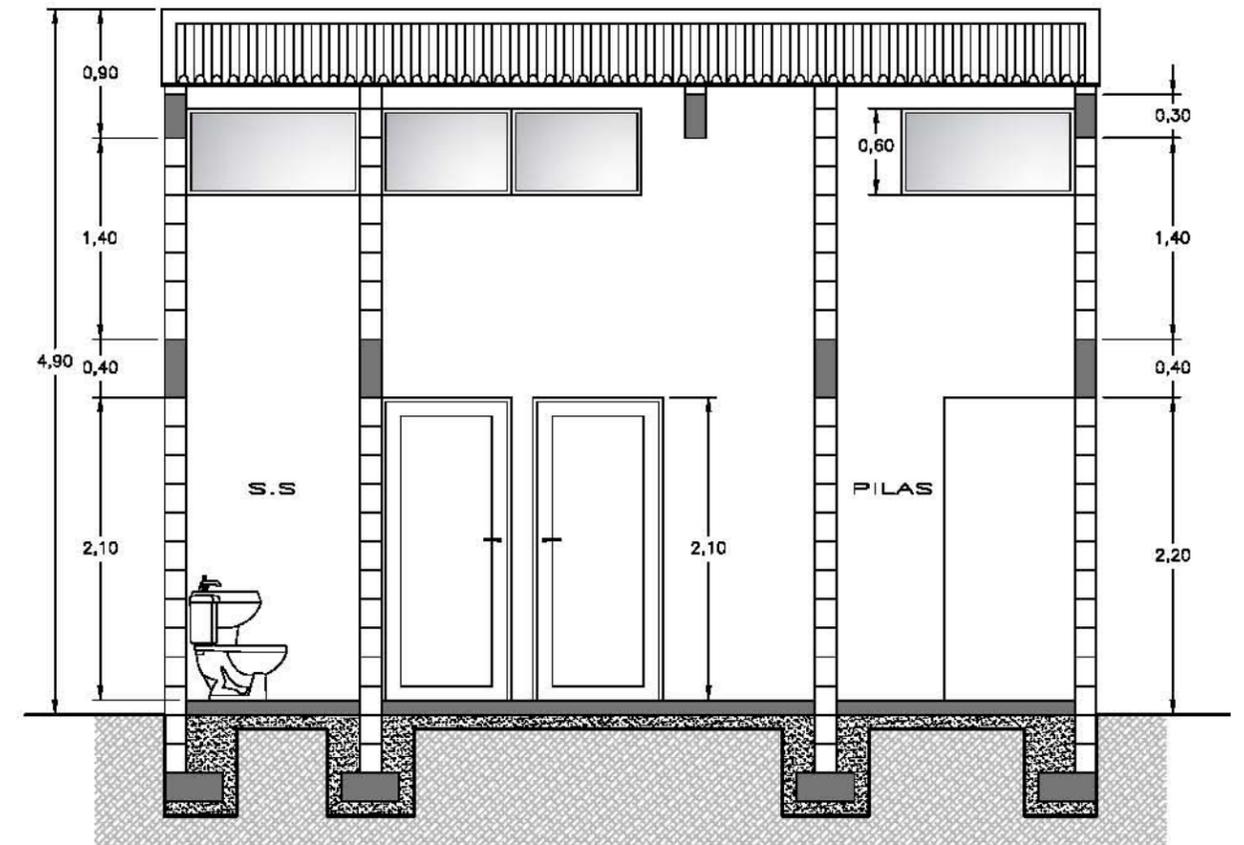
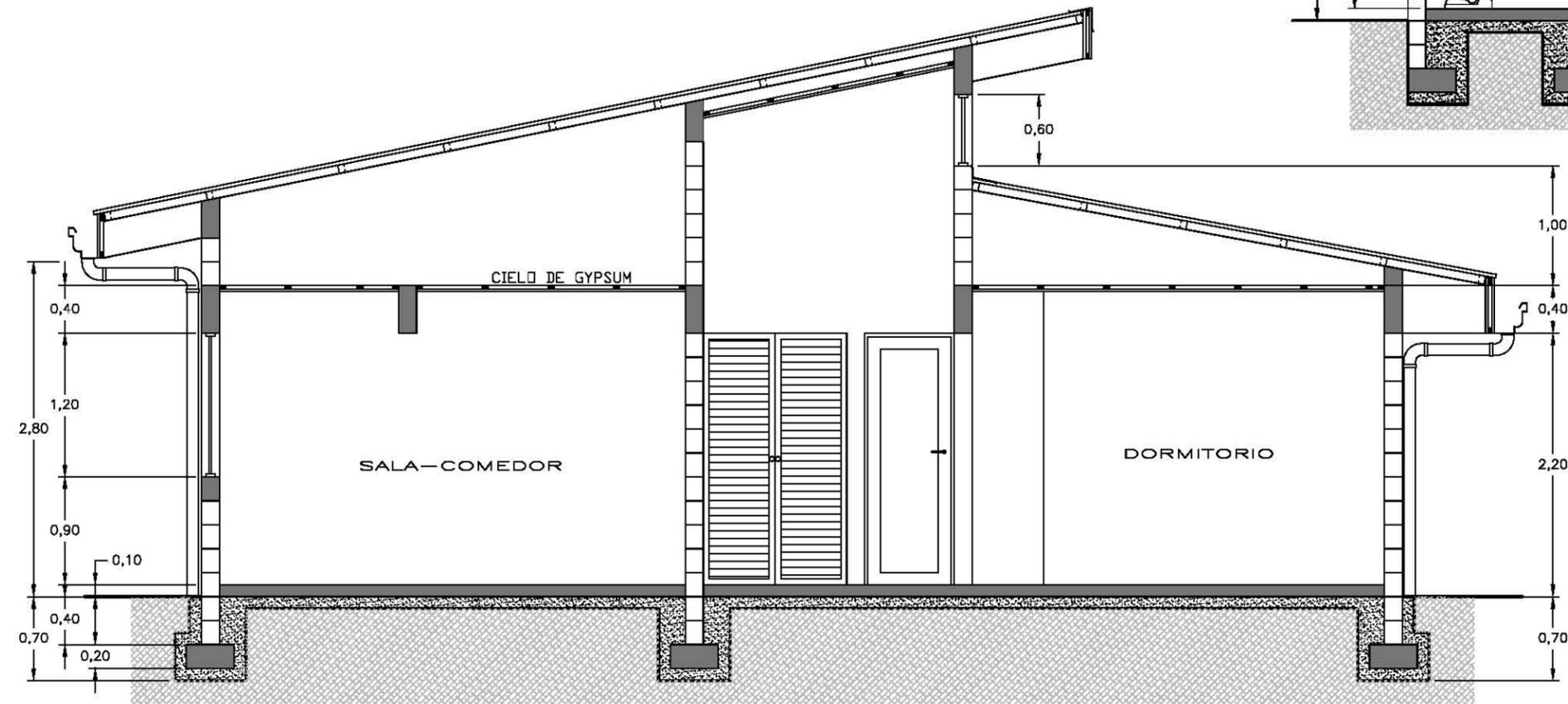
Prototipo 5.3 _ diseño AMPLIADO_ escala 1:50_ análisis de circulación, espacio útil y ubicación de ventanas



Simbología: área útil área de circulación

Cortes Prototipo 5_ escala 1:50

Corte A

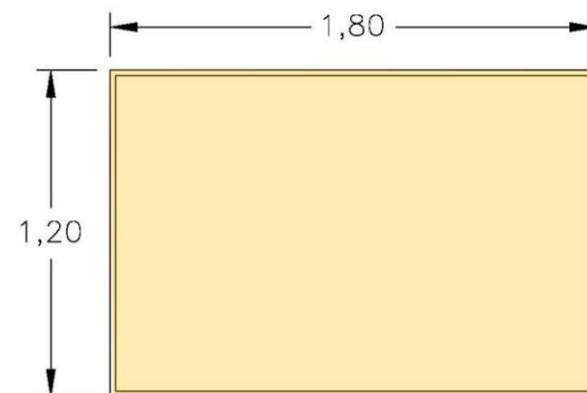


Corte B

Propuesta de ventanería para Prototipo 5

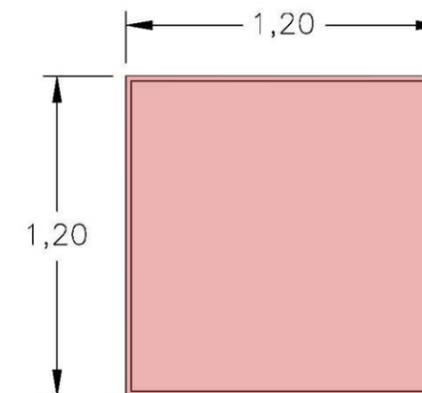
Ubicación: SALA
 Dimensión: 1800 mm x 1200 mm
 Cantidad: 1

A



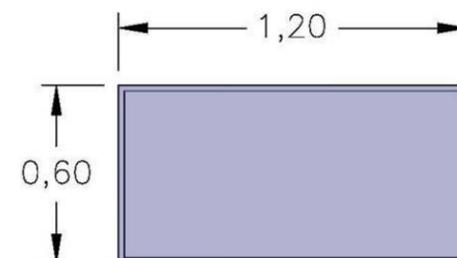
Ubicación: COCINA, DORM. PRIN., DORM. 2.
 Dimensión: 1200 mm x 1200 mm
 Cantidad: 3

B



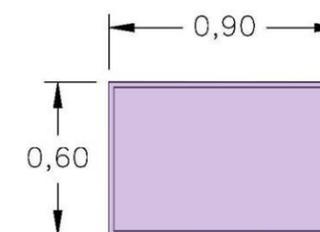
Ubicación: S.S., PILAS
 Dimensión: 1200 mm x 600 mm
 Cantidad: 2

C



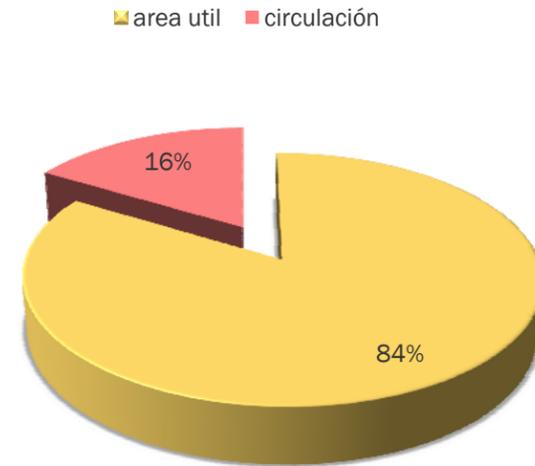
Ubicación: MONITOR
 Dimensión: 900 mm x 600 mm
 Cantidad: 2

D

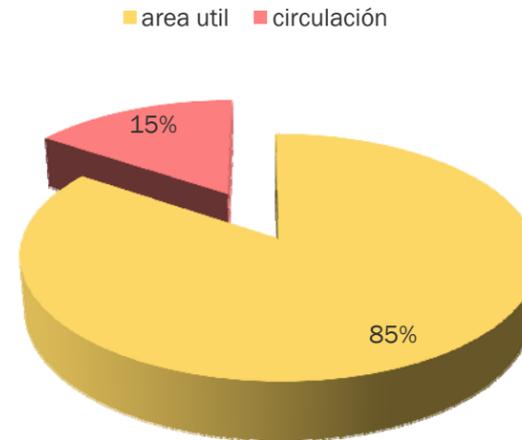


Comparación en la distribución de áreas

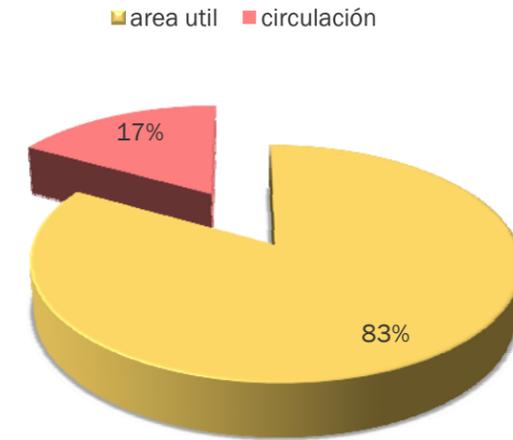
Distribución de areas _ Prototipo 5.1



Distribución de areas_ Prototipo 5.2



Distribución de areas _Prototipo 5.3



Implementación del Código Sísmico de Costa Rica 2002

Prototipo BÁSICO 5.1

| | | |
|---------------------------------|-------------------|---|
| Área total | 57 m ² | ✓ |
| longitud de paredes según CSCR | 22.80 ml | |
| Total de metros lineales reales | 39.15 ml | |
| 1/3 ml en una dirección | 6.84 ml | |
| Metros lineales en eje y | 14.40 ml | |

Prototipo COMPACTO 5.2

| | | |
|---------------------------------|-------------------|---|
| Área total | 55 m ² | ✓ |
| longitud de paredes según CSCR | 22.00 ml | |
| Total de metros lineales reales | 36.45 ml | |
| 1/3 ml en una dirección | 6.60 ml | |
| Metros lineales en eje y | 13.8 ml | |

Prototipo AMPLIADO 5.3

| | | |
|---------------------------------|-------------------|---|
| Área total | 60 m ² | ✓ |
| longitud de paredes según CSCR | 24.00 ml | |
| Total de metros lineales reales | 40.00 ml | |
| 1/3 ml en una dirección | 7.20 ml | |
| Metros lineales en eje y | 13.35 ml | |



Cumple con CSCR-2002

Vistas externas e interna del Prototipo 5



Perspectivas Principales





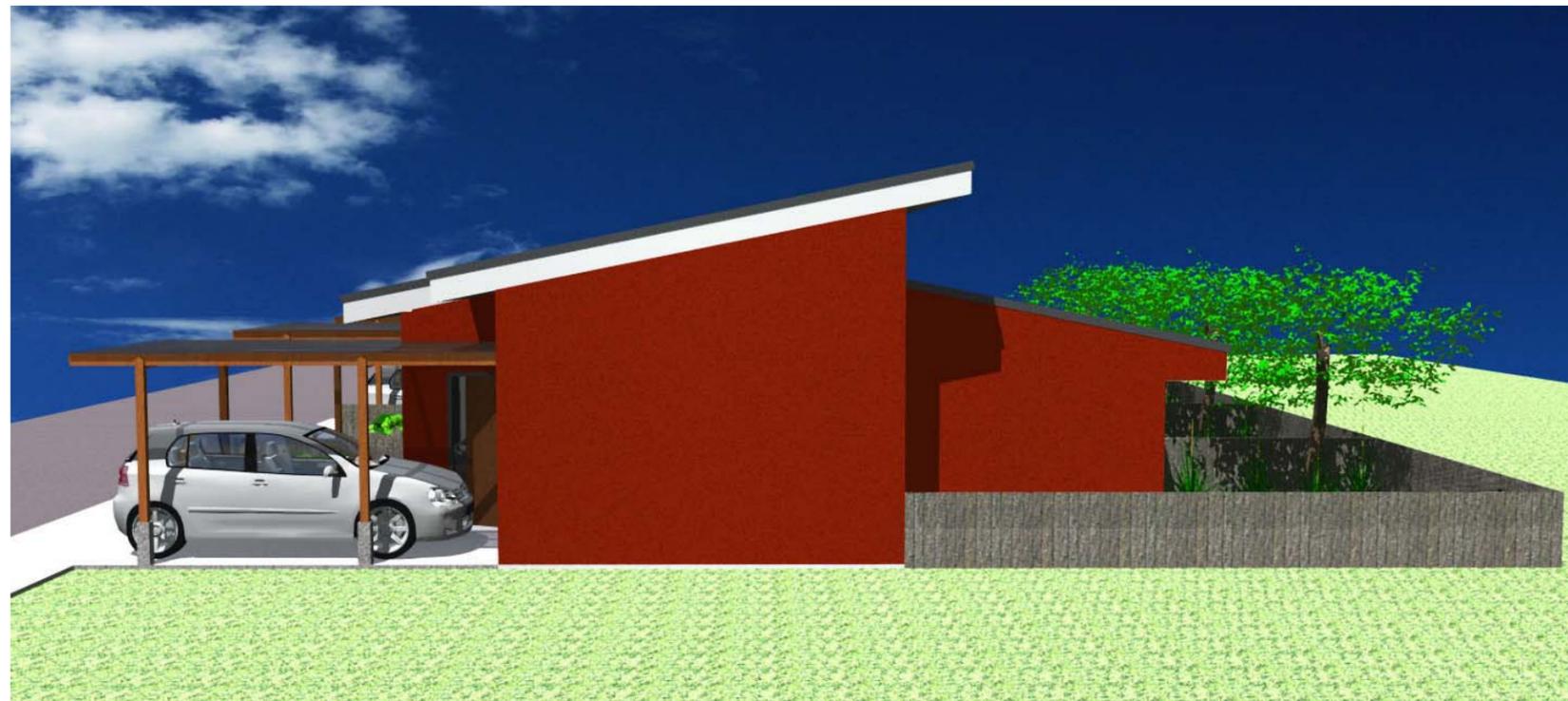
Conjunto de Viviendas y Vista Interna de la Vivienda



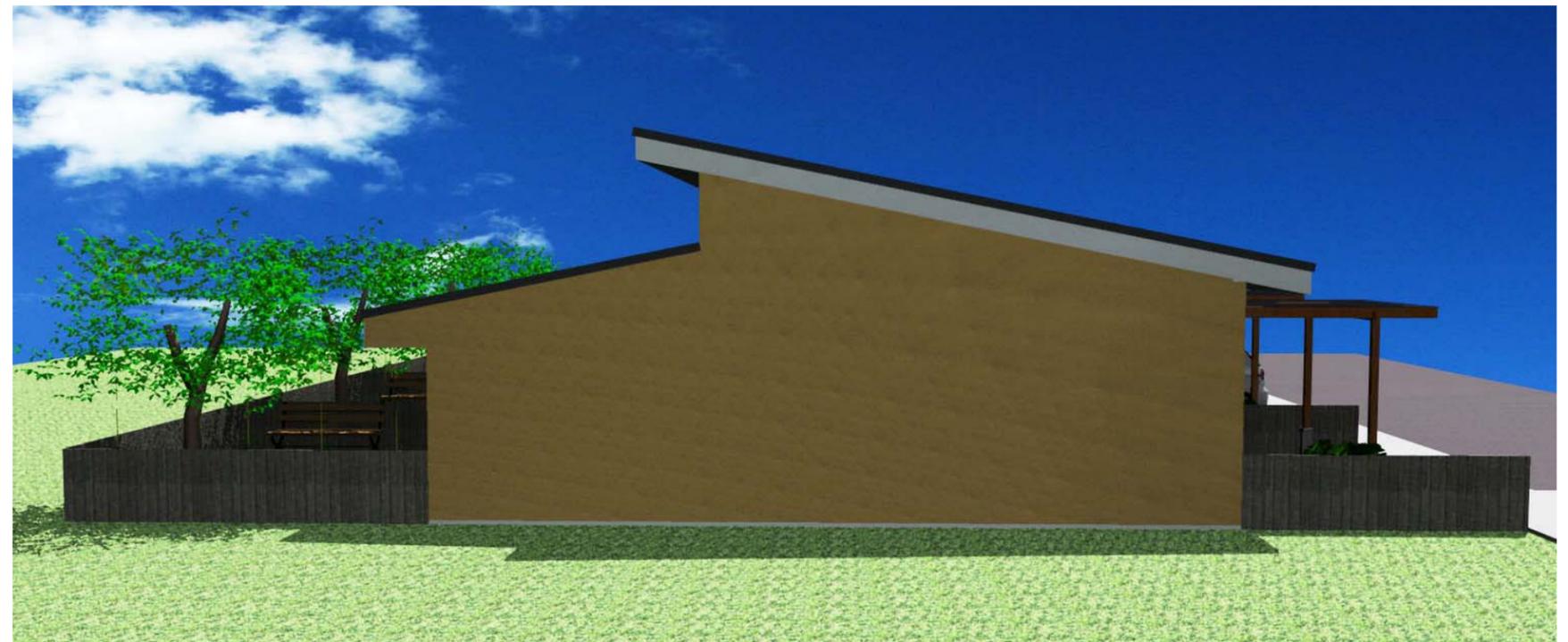


Perspectivas Posteriores





Vistas Laterales



8. Conclusiones

Al concluir todo el análisis y las propuestas de los diferentes objetivos se hace necesario realizar una recopilación de las conclusiones encontradas a lo largo de todo el proceso. Primeramente es de gran importancia aclarar que las viviendas proporcionadas por la Empresa ya eran modulares, cumpliendo con varios de los requisitos de la Coordinación Modular, aunque se esperaban viviendas completamente sin modular. La mayoría de sus paredes se encontraban a distancias modulares, aunque su dibujo no lo mostrara pues no se presentan con diseño a bordes sobre una cuadrícula modular, que hubiera sido lo correcto. Algunas casas tenían las paredes ligeramente desfasadas por lo que se alinearon todas a la cuadrícula modular a cada 3M. Por este motivo, al no tener muchos elementos que cambiar en su geometría, se tomó la decisión de aportar en otras áreas como: la implementación del Método Simplificado del Código Sísmico 2002 o CSCR-2002, el análisis de las áreas de circulación y áreas útiles, la propuesta de estandarización de ventanas modulares y el uso de las dimensiones modulares de puertas según las normas INTE y la propuesta de una vivienda totalmente optimizada, tanto en la reducción de áreas, simplificación geométrica y arquitectónica y cumpliendo con el método simplificado del CSCR-2002.

En lo que respecta a la Coordinación Modular, tanto desde sus inicios en Costa Rica a través del CIVCO, como en la situación actual, se hace notorio la gran cantidad de material teórico y práctico. Es un tema completamente fundamentado tanto en el campo internacional como en el nacional. Asimismo, la reglamentación existente, las normas INTE y las fichas técnicas, también facilitan la implementación de la Coordinación Modular al diseño arquitectónico y estructural. Además, como se menciona en la parte teórica, es de suma importancia que todos los profesionales afines a la arquitectura y construcción contribuyan en su respectivo campo aplicando las normas existentes de la Coordinación Modular, para que no solo exista la teoría sino que también sea desarrollada. De esta manera, poder estandarizar más componentes constructivos y apoyar a la minimización de desperdicios. Específicamente, en este proyecto sí se pudo aplicar la Coordinación Modular y se logró estandarizar varios de sus componentes principales: paredes, puertas, ventanas y los espacios entre paredes. En todas las tipologías de vivienda se utiliza el sistema modular TEKNOBLOCK y en las viviendas optimizadas se utiliza la estrategia de diseño a bordes.

Al analizar las áreas útiles y áreas de circulación de las viviendas originales proporcionadas por la Empresa A, se mostraron ciertos porcentajes de uso. Estos porcentajes se intentarían modificar, al aplicar complementemente la Coordinación Modular en las casas, para aumentar el área útil de cada vivienda. En este caso, al partir de un diseño ya modular, en las propuestas de cada tipología, no se produjeron cambios significativos en el área útil de cada casa. Excepto en la casa 2 donde se logra un aumento del 4% en el área útil al intercambiar las paredes oblicuas a 45 grados por paredes perpendiculares entre sí. Además, en la casa 4, igualmente al modificar las paredes oblicuas (a 45 grados), por perpendiculares entre sí, se logró adecuar un espacio libre el cual se puede utilizar tanto como closet de blancos o como espacio de oficina. Estos cambios obedecen a razones arquitectónicas, como por razones del sistema modular, ya que en éste solamente se pueden hacer intersecciones eficientes y sin desperdicio ni ajuste de piezas.

En cuanto al Código Sísmico de Costa Rica 2002, se implementó el Método Simplificado del capítulo 17. El principal aporte es la inclusión de mochetas transversales en muchas de las paredes de cada casa, ya que muchas de ellas no tenían el soporte perpendicular adecuado, según dicho código. De esta manera, las viviendas optimizadas presentan mayor cantidad de arriostres para contribuir estructuralmente y cumplir con lo estipulado tanto en el tamaño mínimo de las mochetas, como en porcentaje de metros lineales de pared necesarios en cada dirección. Cabe destacar que el capítulo 17 de dicho código menciona que el tamaño de la mocheta deberá medir como mínimo 80 cm (8M), pero al trabajar con una cuadrícula multimodular de 3M, las mochetas deben ser de 90 cm ó 9M.

Uno de los componentes no estandarizado en las viviendas de la Empresa A son las dimensiones de ventanas. Cada casa presentó un mostrario completo de distintos tamaños de ventana tanto entre las mismas ventanas de cada casa como entre los diferentes prototipos. Al aplicar la Coordinación Modular, esta situación se simplificó, lográndose estandarizar todos los tamaños de ventanas. De esta manera, se disminuyó en gran medida la gran variedad de ventanas, para proponer ciertos tamaños funcionales en distintos espacios de la vivienda. No solo se analizaron las dimensiones de las ventanas, sino también de las puertas. Estas últimas sí tenían medidas repetitivas para cada espacio y todas las casas contaban con las mismas dimensiones de puertas.

Se hizo una recopilación de todo un mostrario de dimensiones de ventanas y puertas de otras tres empresas, para hacer una síntesis de todas las cuatro empresas, y luego se compararon con los tamaños recomendados en las normas INTE de la Coordinación Modular. De esta manera se logró sintetizar y recomendar las dimensiones de ventanas modulares que se utilizan con mayor frecuencia en los diseños de vivienda de clase media y clase baja. Entre las más utilizadas se buscaron las dimensiones modulares más cercanas y éstas se recomiendan a la Comisión de Estandarización de Dimensiones y Sistemas de Construcción de la CCC como los tamaños iniciales de ventanas para ser prefabricados en Costa Rica por todos los fabricantes de dichos componentes. Los siguientes son los tamaños de ventanas: (ancho x alto)

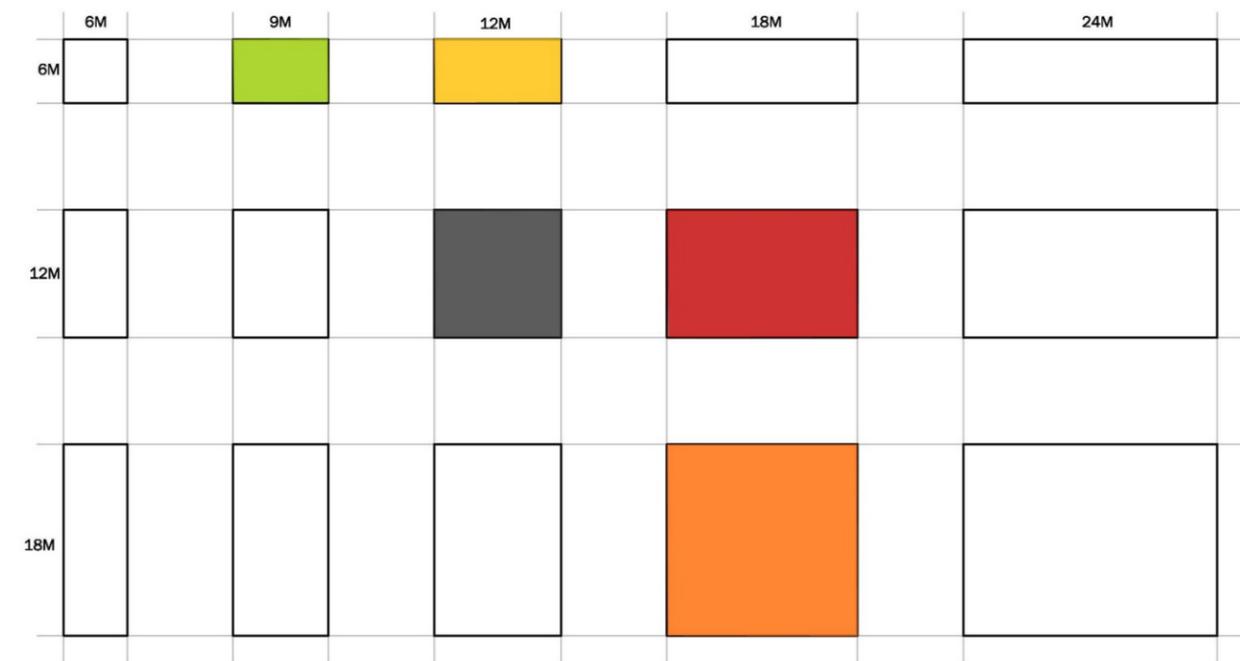
6Mx9M

6Mx12M

12Mx12M

12Mx18M

18Mx18M



Propuesta de estandarización de tamaños de ventanas

Se aclara, sin embargo, que la ventana 9Mx12M fue utilizada como parte de las ventanas modulares para la optimización de las viviendas de la Empresa A, a pesar de no estar en la lista de ventanas de mayor frecuencia de uso, pues solo de esta manera se podían lograr los arriostres adecuados según el Método Simplificado del CSCR- 2002.

Con lo que respecta a las puertas, como se propuso en el capítulo respectivo, existen tres tamaños generados por el sistema modular TEKNOBLOCK, estos son: 7.5M, 9M, 10.5M de ancho y todos con 21M de alto. Aun así, los tamaños recomendados por las normas INTE de la Coordinación Modular son 8M, 9M, 10M de ancho y todos con 21M de alto. La estandarización de estos tamaños, tanto en puertas como en ventanas, se propone en general para cualquier proyecto que utilice la Coordinación Modular como parámetro de diseño y de esta manera no solo contribuir con la Empresa A sino que también con cualquier persona o empresa que diseñe según la Coordinación Modular y así ir estandarizando cada vez más los componentes constructivos.

Con toda la implementación de la Coordinación Modular se generara menos desperdicio, pues todos sus componentes estarán diseñados a la medida y bajo ciertos parámetros establecidos por la teoría propuesta sobre la Coordinación Modular. Al haber estandarizado varios de sus componentes, todo será construido a la medida evitando así el desperdicio de materiales y la mano de obra innecesaria requerida para la modificación de componentes. Este ahorro en tiempo, costo y desperdicio se hará más notorio pues se trata de un residencial de casas en serie, donde se permite mayor ahorro al contar con elementos estandarizados requeridos en grandes cantidades.

Para finalizar, se propuso una vivienda completamente nueva, optimizada en todos sus espacios, ventanas y puertas, la cual se ha denominado el PROTOTIPO 5. Esta tipología nueva presenta dos modificaciones de su diseño original. Como se presentó en el capítulo respectivo, este PROTOTIPO 5 cuenta con sala, comedor, cocina, dos cuartos, servicio sanitario, pilas, closet de blancos, una pequeña oficina y garaje para un carro. Esta versión original mide (sin contar el garaje) 57 m². Esta es aproximadamente del mismo tamaño de la tipología 4 presentada por la Empresa A, la cual es una de las más construidas. Sin embargo el PROTOTIPO 5 presenta un closet de blancos y un área de oficina que la tipo 4 no posee y una área de circulación menor. Sobre las modificaciones mencionadas anteriormente sobre el nuevo diseño, se plantea el PROTOTIPO 5.2 el cual no cuenta con el área de oficina pero si con el closet para blancos. Este cambio propone una vivienda con condiciones similares a los tipos 2,3 y 4 pero en un área menor; la cual es de 55 m², e igualmente con un área de circulación menor a las tipologías de la Empresa A. Este sería el diseño más económico por tener por lo menos 3 m² menos de construcción, esto depende con cual tipología de la Empresa A se compare. La última modificación se mostraría en el PROTOTIPO 5.3. En este se plantean cuartos más amplios con un patio privado para ambos, además cuenta con el área de oficina pero no con el closet para blancos. Con este nuevo diseño se implementa la Coordinación Modular además de los elementos estandarizados a lo largo de todo el proyecto, proponiendo así un modelo que cumpla con todos los objetivos planteados. Finalmente este PROTOTIPO 5 procura disminuir la cantidad de tamaños de ventanas, optimizar la circulación y los espacios útiles, aplicar el Método Simplificado de la CSCR-2002 y reducir la mano de obra innecesaria.

9. Apéndice

Descripción de Empresas

Empresa A

- La empresa A es Fomento Urbano con uno de sus proyectos habitacionales ubicado en el Área Metropolitana.

Empresa B

- La empresa B es Vivicon con su proyecto Barlovento ubicado en Curridabat

Empresa C

- La empresa C es FUPROVI (Fundación Promotora de Vivienda) la cual es una organización privada de desarrollo que promueve la organización y autogestión de los sectores de bajos recursos económicos

Empresa D

- La empresa D es CONCREPAL, la cual se dedica a la producción de productos de concreto y el diseño de casas prefabricadas.

10. BIBLIOGRAFÍA

- "Control de desperdicios". (2007). *Control de desperdicios en la construcción*. Recuperado el 29 de abril de 2009, de Investigación e Innovación para Ingeniería Civil: http://www.peru-v.com/ingenieria/gestion_construccion/control_de_desperdicios.html
- "Reciclado de residuos". (2003). *Reciclado de residuos de construcción, materiales inertes*. Recuperado el 29 de abril de 2009, de Waste: <http://waste.ideal.es/inertes.htm>
- Aguilar, A. (1997). *Reciclado de Materiales de Construcción*. Recuperado el 13 de abril de 2009, de Ciudades para un futuro más sostenible: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n2/aconst1.html>
- Aguilar, L. (2006). *QUE ES LA CONTAMINACION AMBIENTAL*. Recuperado el 29 de abril de 2009, de Contaminación Ambiental: <http://contaminacion-ambiente.blogspot.com/>
- anónimo. (2005). *Reciclaje de residuos de construcción*. Recuperado el 29 de abril de 2009, de ambientum: http://www.ambientum.com/revista/2001_18/2001_18_SUELOS/RCRSCNS1.htm
- Asociación Conservacionista YISKI. (6-40). Principios para la gestión integral de los desechos. *El Problema de los desechos SU SOLUCION*, 2008.
- aureum, m. (2004). *arquitectura sostenible*. Recuperado el 29 de abril de 2009, de miliarium:ingenieria civil y medio ambiente: http://www.miliarium.com/Monografias/Construccion_Verde/Arquitectura_Sostenible.asp
- Carlson, E. (1957). *Normalización y Coordinación Modular de la industria de la edificación*. Bogota, Colombia: Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento.
- Coordinación Modular y Dimensional*. (1975). Caracas, Venezuela: INAVI.
- Echandi, C. (1996). *Los encofrados, la modulación y reutilización*. Proyecto de Graduación, Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- Grant, M. H. (1990). *Uso de la coordinación modular para el diseño y construcción de viviendas económicas de Costa Rica*. Proyecto de Graduación, Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- Hernández, S. (2008). *Comparación de rendimientos en construcciones de mampostería de bloques de concreto, entre el método aplicando el concepto de construcción sostenible y el método tradicional*. Proyecto de Graduación, Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- IDS. (2008). *IDS casas modulares*. Recuperado el 16 de setiembre de 2009, de http://www.idscasas.com/index_new.php
- INTE 06-05-01-08. (2007). *Construcción de edificaciones – Coordinación modular– Multimódulos horizontales y verticales aplicables a los sistemas de construcción INTE 06-05-01-08*. Costa Rica: INTECO.
- INTE 06-05-02-08. (2007). *Construcción de edificaciones – Coordinación modular– Dimensiones modulares de aberturas para puertas*. Costa Rica: INTECO.
- INTE/ISO 1791. (2007). *Construcción de Edificaciones – Coordinación Modular– Vocabulario. INTE/ISO 1791:2007*. COSTA RICA: INTECO.
- INTE/ISO 2848. (2007). *Construcción de edificaciones – Coordinación modular – Principios y reglas. INTE/ISO 2848:2007*. COSTA RICA: INTECO.
- INTE/ISO 6514. (2007). *Construcción de edificaciones – Coordinación modular – Incrementos sub-modulares. INTE/ISO 6514-2007*. COSTA RICA: INTECO.
- Jacobs, F. (2000). Hacia un concreto ecológico. *Construcción y Tecnología*, XIII (141), 11-19.
- Kcuno, R. (26 de Junio de 2009). *Crisis económica mundial se prolongará por más tiempo de lo previsto*. Recuperado el 5 de Octubre de 2009, de Acontecer UNED: <http://www.uned.ac.cr/Acontecer/noticias/Crisiseconomicamundial.htm>
- Leandro, A. G. (2008). Manejo de Desechos de la Construcción. *Tecnología en Marcha*, XXI (4), 60-63.
- Mata, A. (2008). *arquitectura sostenible*. Recuperado el 29 de abril de 2009, de arquitectura sostenible : www.arquitecturasostenible.org
- Matamoros, F. (1993). *Aplicación de un programa de computación a la coordinación modular en construcciones a base de mampostería integral*. Proyecto de Graduación, Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- Mora, F. (2005). *Módulo de instalación rápida*. Proyecto de Graduación, Arquitectura, Universidad de Costa Rica.

- muro decoración. (2008). *Muro Decoración*. Recuperado el 30 de setiembre de 2009, de <http://www.murodecoracion.com/paves.html>
- Nissen, H. (1976). *Construcción industrializada y diseño modular*. Madrid, España: Hermann Blume.
- nuevo sistema modular. (2007). *Nuevo Sistema Modular*. Recuperado el 30 de setiembre de 2009, de <http://www.nuevosistemamodular.com/descargas>
- Onaindia, M. (2007). sostenibilidad ecológica. *Forum de la sostenibilidad* (págs. 39-49). País Vasco: UNESCO.
- Ortiz, C. (2003). Algunas ideas para disminuir los desechos de las construcciones. *Construcción*, X (73), 38-39.
- Orús, F. (1984). *Materiales de Construcción* (septima edicion ed.). madrid, España: EditorialDossat.
- Pacheco, J. F. (2005). Coordinación modular aplicada en la construcción. *Construcción* (91), 48-54.
- Paniagua, E. (2005). Coordinación Modular aplicada a la construcción. *Construcción* (88), 52-54.
- Productos de Concreto. (2008). *Mampostería Bloques de Concreto*. Recuperado el 4 de octubre de 2009, de http://www.pc.co.cr/gc/CRPC/uploads/Catalogo_Mamposteria4c wd8.pdf
- Pujol, R. (1995). *Resumen de Estudio de Generación de desechos en la construcción de viviendas de mampostería*. Recuperado el 15 de MARZO de 2009, de ProDUS-UCR: <http://www.producr.ac.cr/tesis/Alvaro%20Villalobos.pdf>
- redcicla, e. (1998). *¿Que es reciclar?* Recuperado el 29 de abril de 2009, de yo limpio: http://www.yolimpio.com/recicla/pdf/1_QUE_ES_EL_RECICLAJE.pdf
- Rodríguez, J. (2007). *Análisis del sistema constructivo de mampostería con énfasis en la medición de desperdicios*. Proyecto de Graduación, Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- Rodríguez, M. (1994). *Bloques Modulares intercambiables para la mampostería reforzada*. Cartago: Taller de publicaciones del ITCR.
- Rodríguez, M. (2010). *COORDINACION MODULAR*. San José.
- Rodríguez, M. (2005). Normalización Geométrica de la Construcción. *Construcción* (89), 50-54.
- Romero, H. (2008). *Crisis Financiera Mundial y su impacto en Centroamérica*. Recuperado el 5 de Octubre de 2009, de OIT: <http://portal.oit.or.cr/dmdocuments/crisisfinancieraimpactoca.pdf>
- Salazar, C. (2007). *Construcciones en Costa Rica desequilibran el medio ambiente*. Recuperado el 13 de abril de 2009, de CONICIT: <http://www.conicit.go.cr/boletin/boletin63/desechos.html>
- Santana, M. F. (2007). *Aplicación de la coordiniación modular a sistemas de ventanería en Costa Rica*. Proyecto de Graduación, Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.
- Serrano, J. M. (1989). *Planificación y modulación en la construcción*. Proyecto de Graduación, Ingeniería Civil, Univesidad de Costa Rica.
- Shen, L., Tam, V., Tam, C., & Drew, D. (2004). Mapping approach for examining waste management on construction sites. *Journal of construction engineering and management*, CXXX (4), 472-481.
- Soibelman, L. (2003). Desperdicios vs el control de los materiales. *Construcción y Tecnología*, XVI (184), 48-56.
- Unidas, N. (1966). *Modular Co- Ordination in building*. Nueva York.
- Valdovinos, K. (2003). El cemento a partir de vidrio de desecho. *Construcción y Tecnología*, XV (178), 36.
- Villavicencio, O. (1988). *Hacia un sistema modular para la vivienda de interés social*. Proyecto de Graduación, Arquitectura, Universidad de Costa Rica.