

LA INDUSTRIALIZACION POSIBLE DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA



ESCALA

TECNOLOGIAS PARA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

Coordinación: Julián Salas Serrano

5

La industrialización **posible** no pretende ser recetario prodigioso valdero para todo tiempo y geografía. Se trata de una reflexión documentada y sistematizada que aspira a transferir algunas ideas y soluciones del Norte al Sur y del Sur al Sur. El sentido común dicta machaconamente que el ámbito de las soluciones de vivienda de muy bajo coste en Latinoamérica necesita evitar que la inteligencia y la voluntad se ahoguen en océanos de datos y teorías que explican demasiado y que esclarecen tanto como aprisionan cíclicamente al mundo en algún estrecho corsé interpretativo.

El libro, cuya aridez temática hemos procurado aliviar dotándolo de un fuerte contenido gráfico -más de cuatrocientas fotos y figuras- y de una rigurosa sistematización de datos cuantitativos y conceptos en forma de 118 tablas, se ha estructurado en tres partes diferenciadas dentro de un marco único. La primera, "Conceptos para repensar la industrialización de la construcción desde Latinoamérica" acota el contexto en el que ha de situarse el texto: el implacable desarrollo del subdesarrollo a nivel planetario; la reflexión sobre la experiencia europea -fracasos y éxitos- desde una óptica latinoamericana; la revisión no diletante de algunos conceptos clave: industrialización abierta *versus* cerrada; componentes y/o vivienda; tecnología habitacional y su transferencia; el proyecto como primer peldaño para la industrialización **posible**; el estado del arte de la industrialización de la vivienda latinoamericana, finalizando con un capítulo monográfico sobre el siempre polémico tema de los costes de la vivienda.

La industrialización **posible** -la palpable y la futura no utópica- irrumpe en la segunda parte del texto, "Herramientas para la industrialización posible" conformada por tres capítulos temáticos dedicados a la industrialización de alguno materiales básicos -hormigón, suelo-cemento, ferrocemento, madera y guadua-; la producción, el transporte y el montaje de elementos; finalizando con un capítulo de pautas prácticas para la resolución de juntas entre elementos.

Pertrechados de conceptos y herramientas, el libro aborda en su tercera parte "La práctica de la industrialización latinoamericana", la exposición de casos emblemáticos de industrialización **posible** con una revisión de la pertinencia desde el pequeño bloque manual al gran panel pesado, pasando por modernos procedimientos de producción continua. Los elementos prefabricados para entresijos y los acabados de paramentos de fachadas reciben un tratamiento exhaustivo, así como las soluciones latinoamericanas de subsistemas y componentes. Así, bloques técnicos, paneles a base de piezas cerámicas, elementos de cubierta, ventanas, tramos de escalera, componentes diversos para el mejoramiento barrial, etc. encuentran respuestas en la industrialización **posible**.

A modo de epílogo, el texto se asoma a la ventana del mañana insinuando otro camino: la industrialización *sutil*, pero reivindicando para los graves problemas de aquí y ahora la industrialización **posible**. El autor opta deliberadamente por ser contemporáneo antes que moderno.

LA INDUSTRIALIZACION POSIBLE
DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA

JULIAN SALAS SERRANO



E

JULIÁN SALAS SERRANO, Doctor Ingeniero Industrial (1983) por la Universidad Politécnica de Barcelona, Diplomado en Construcción Industrializada en el C.S.T.B. de París, es científico titular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja de Madrid, donde fundó en 1983 el equipo de investigación *Tecnologías para Viviendas de Muy Bajo Coste*.

Ha sido, de 1986 a 1994, fundador y Coordinador Internacional del Subprograma CYTED: *Tecnologías para viviendas de interés social*, trabajando en temas de vivienda en, prácticamente, todos los países de América Latina, como : Consultor de Naciones Unidas en Bolivia; Coordinador General de la Cooperación Española en Chile; Consultor en Perú, Chile y Venezuela; Presidente de Comisión sobre Vivienda de la Cumbre de Jefes de Estado de Latinoamérica (Valdivia, Chile 1995) y Consultor de España para la cooperación con El Salvador después del "Mitch" (1999).

Es autor de cinco libros, entre ellos, *Contra el Hambre de Vivienda: Soluciones Tecnológicas Latinoamericanas* (Edit. Escala, 315 páginas, Bogotá, Colombia, 1992) y *Construcción Industrializada: Prefabricación* (Edit. UNED, 272 páginas, Madrid, España 1989); coordinador de *Prefabricación: Teoría y Práctica* -Premio UNESCO-, y de más de sesenta trabajos publicados.

En la actualidad dirige el Curso de Especialización de la Universidad Politécnica de Madrid sobre "Cooperación para el Desarrollo en Asentamientos Humanos del Tercer Mundo" en la E.T.S. de Arquitectura.

En la trayectoria profesional del autor han concurrido circunstancias que, en parte, explican las razones de la publicación de *La industrialización posible*: haber trabajado en la teoría y la práctica de la prefabricación en España (década de los setenta, *Seminario de Prefabricación*); palpar profesionalmente la decadencia del empleo de algunas de estas técnicas en Europa (década de los ochenta, *Instituto Eduardo Torroja*); tomar conciencia de la pavorosa necesidad de vivienda en Latinoamérica y entrar en contacto con los que se afanan por encontrar soluciones *posibles* (estancias en Latinoamérica, *Programa CYTED*). Estas excepcionales oportunidades impulsaron al autor a intentar el esfuerzo de síntesis que pretendió ser *La industrialización posible* como transferencia de conocimientos concretos y de herramientas contrastadas para combatir el hambre de vivienda que afecta a millones de latinoamericanos.

ejecución del proyecto de viviendas con estos sistemas, fundamentalmente a base de elementos prefabricados¹. (ver el Punto 3.6.4).

c.- El tercer trabajo responde a otra filosofía global diferente. El enunciado del Punto 3.6.5: "Proyecto y tecnología", condensa de forma meridiana clara la idea de intentar aportar a cada proyecto tecnología, soluciones tecnológicas frescas no necesariamente desarrolladas con anterioridad, o si se prefiere, soluciones tecnológicas adaptadas a cada caso y proyecto concreto. Su autora, la arquitecta venezolana Yanez (10) pertenece a OTIP y es bajo estas premisas de partida que han acumulado una gran experiencia de realizaciones.

III.6.2. El proyecto de industrialización: teoría

El proyecto de industrialización², es una herramienta que pretende la industrialización del edificio para reducir costos de construcción. Conforme a la metodología BSCP este proyecto se conforma de manera sistemática en base a los siguientes documentos unidos entre sí que forman un todo:

- Un documento que permite adaptar un proyecto de arquitectura a un constructor concreto, a sus formas de trabajo, medios técnicos, proveedores habituales, etc.
- Un documento que permita adaptar un proyecto de arquitectura a los materiales y a la mano de obra de la zona concreta donde se va a realizar (parece lógico pensar que para conseguir mejores costos hay que utilizar los medios humanos y materiales que se utilizan en el lugar).
- Un documento que permita optimizar el diseño para conseguir los mínimos costos. (Analizando el diseño se pretende que el edificio proyectado se pueda realizar con las soluciones más sencillas y menos costosas).
- Un documento que permita definir exactamente el edificio y evaluar el coste en función del constructor concreto.
- Un documento que defina cada una de las partes o piezas de que consta el edificio cumpliendo específicamente la normativa del lugar donde se va a ejecutar. Superadas las etapas anteriores, resulta el momento de definir exactamente todas las piezas de que constará el edificio con las instalaciones incorporadas.
- Un documento que defina qué moldes son necesarios para fabricar cada una de las piezas. A la hora de estudiar los procesos anteriores hay que tener en cuenta que cada pieza hay que fabricarla y que en muchos casos será más económico hacerlas en un molde que manualmente.
- Un documento que debe definir las uniones de las distintas piezas entre sí, que permita no solamente conseguir la estabilidad general del edificio, sino la continuidad de todas las instalaciones (pues de nada sirve todo lo anterior si no funcionan las uniones).
- Y, por último, un documento que defina la logística a emplear en las etapas de fabricación, transporte y montaje de todas las piezas de que consta el edificio para optimizar costos. Todo ello, en función del tiempo en que se pretende terminar la obra. Este documento se subdivide a su vez en tres por referirse a tres procesos distintos, es decir:
 - Piezas que hay que fabricar cada día (en función del tiempo de fraguado de cada pieza, y de su orden de montaje).

Tabla 3.11

Etapas del proceso de construcción		Niveles de Evolución Tecnológica				
		1	2	3	4	5
Proyecto	P	P1	P2	P3		
Planificación y Gestión	PG	PG1	PG2	PG3	PG4	
Materiales e Insumos	M	M1	M2	M3	M4	M5
Herramientas y Equipos	HE	HE1	HE2	HE3		
Mano de Obra	MO	MO1	MO2	MO3	MO4	

Niveles de evolución tecnológica: Proyecto (P):

- P1 Proyecto y planificación realizados con instrumentos manuales.
- P2 Proyecto y planificación realizados computacionalmente, programas de diseño asistido por computador (CAD) y otros.
- P3 Proyecto y planificación computacional, incorporada a los procesos productivos.

Planificación y Gestión (PG):

- PG1 Planificación y gestión verbales.
- PG2 Planificación y procedimientos escritos.
- PG3 Planificación y procedimientos computacionales.
- PG4 Planificación y gestión de aseguramiento de calidad.

Materiales e Insumos (M) :

- M1 Materiales básicos artesanales.
- M2 Materiales básicos artesanales e industrializados.
- M3 Materiales básicos industrializados.
- M4 Materiales básicos industrializados y componentes prefabricados.
- M5 Componentes prefabricados.

Herramientas y Equipos (HE) :

- HE1 Herramientas manuales.
- HE2 Herramientas mecanizadas.
- HE3 Herramientas computarizadas, robotizadas, telecomandadas.

Mano de Obra (MO) :

- MO1 Sin capacitación específica y uso intensivo de mano de obra.
- MO2 Con capacitación y responsabilidad específica.
- MO3 Mano de obra mayoritariamente especializada, que ejecuta

especialmente faenas de montaje y armado.

- MO4 Mayoritariamente en el control y supervisión de los procesos.

Control y Supervisión (C) :

- C1 Sistemas de control manual y supervisión ocular.
- C2 Técnicas de control estadístico y ensayos.
- C3 Sistemas de control computarizados y ensayos acreditados.
- C4 Colaboración de sistemas externos de control acreditados.

Tabla 3.12

POSIBLES ETAPAS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN "SISTEMA" CONSTRUCTIVO

- Formación del equipo humano que ha de desarrollar e implementar el sistema.
- Delimitación del mercado potencial al que se destina.
- Análisis de los tipos de edificios que se pretenden realizar con el sistema.
- Análisis y evaluación de la competencia existente.
- Materialización inicial del *know how* propio del sistema.
- Comprobación formal del diseño del sistema.
- Ensayos a escala real y evaluación de resultados.
- Decisiones sobre la gestión y organización.
- Inicio de la producción.

Tabla 3.13

ETAPAS POSIBLES EN LA DEFINICIÓN COMPLETA DE UN "SISTEMA" INDUSTRIALIZADO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS	
Etapas	Contenidos
1	Definición de las premisas básicas del sistema. <ul style="list-style-type: none"> • Aspectos económicos. • Objetivos básicos. • Gama de materiales disponibles y otros industrializados. • Técnica a emplear. • Nivel tecnológico previsto. • Índices técnico-económicos a lograr. • Campo de aplicación arquitectónico. • Aspectos urbanísticos. • Aspectos ecológico sociales. • Otros.
2	Estudio bibliográfico de sistemas con premisas afines.
3	Definir y agrupar funciones y espacios del programa arquitectónico, determinando cuantitativamente y cualitativamente sus relaciones y frecuencia de empleo.
4	Seleccionar los principios de coordinación modular y la retícula a emplear. (Se sugiere 3M en el caso de la vivienda).
5	Dimensionar los espacios funcionales ajustándolos a la red modular seleccionada.
6	Dimensionar los componentes que conforman los espacios o células arquitectónicas funcionales, a partir de las premisas referentes a: <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación. • Peso de los componentes. • Equipos disponibles de izaje y transporte. • Materiales a emplear. • Repetitividad y tipificación. Otros.
7	Definir los principios estructurales del sistema y las hipótesis correspondientes. <ul style="list-style-type: none"> • Sistema tridimensional. • Muros portantes. • Esqueleto. • Mixto.
8	Acotar el número de componentes tanto en pisos y cubiertas, como en muros portantes y divisorios. Las dimensiones elegidas deben ser submúltiplos de los espacios funcionales. Sus combinaciones permitirán conformar todos los espacios previstos. <p>A modo de ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grandes paneles y losas del tamaño de un local. • Pequeños paneles y columnas. • Paneles de altura de un piso y ancho variable entre 12 M y 60M. • Losas con luces variables y ancho de 12 M y 24 M. • Otros.
9	Estudiar posibles necesidades de intercomunicación entre espacios funcionales y también con el exterior (posición y dimensiones de puertas y ventanas).
10	Determinar las uniones y conexiones de los componentes, modulando su posición y tipificando los casos. Las juntas pueden ser: húmedas; soldadas; con pernos; por encaje; mixtas; y otros.
11	Diseñar estructuralmente el sistema, determinando la forma de estabilidad, refuerzo y dimensiones de los componentes, tolerancias, etc.
12	Solucionar las instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y otras.
13	Estudiar y definir la tecnología productiva tanto en fábrica como en obra, teniendo en cuenta el concepto de flexibilidad tecnológica.
14	Realizar anteproyectos y proyectos experimentales que demuestren la capacidad de respuesta del sistema ante requerimientos arquitectónicos diversos (se sugiere la utilización de arquitectos e ingenieros no pertenecientes al equipo de concepción del sistema).
15	Proyectar y construir partes de la tecnología de forma experimental para comprobar y optimizar su funcionamiento.
16	Construir una o varias obras experimentales según sea la complejidad del sistema.
17	Realizar ensayos estructurales a componentes y módulos del sistema.
18	Corregir los proyectos, estudios e hipótesis a partir de las pruebas y ensayos
19	Elaborar la documentación del proyecto ejecutivo incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> • Premisas, campo de aplicación y memoria descriptiva. • Catálogo de componentes y espacios volumétricos posibles. • Regla para el cálculo estructural y esquemas correspondientes. • Proyecto ejecutivo de componentes. • Catálogo de uniones.

Tabla 3.14

GUÍA PARA LA DEFINICIÓN DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO INDUSTRIALIZADO			
Clave	Título	Clave	Título
0.-	CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN	3.04.-	Estanqueidad y control del aire: Juntas.
0.01.-	Tipo de documento.	3.05.-	Térmica: Aislamiento térmico del conjunto. Capacidad térmica. Efectos de las condiciones del medio.
0.02.-	Número de clasificación	3.06.-	Iluminación natural.
0.03.-	Palabras clave.	3.07.-	Acústica: Ruidos interiores/exteriores. Calidad acústica.
1.-	INFORMACIÓN DE IDENTIFICACIÓN	3.08.-	Salud y confort personal
1.01.-	Tipo de sistema.	3.09.-	Mantenimiento.
1.02.-	Nombre comercial.	3.10.-	Montaje.
1.03.-	Institución responsable de la información.		
1.04.-	Tipo de edificios y limitaciones.	4.-	DURACIÓN DEL EDIFICIO
1.05.-	Construcciones anexas y trabajos exteriores.	5.-	MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN
1.06.-	Exigencias estatutarias.	5.01.-	Control de calidad durante la construcción.
1.07.-	Cumplimiento de normas nacionales e internacionales.	5.02.-	Mano de obra y equipamiento: Tipo de trabajo y especialistas requeridos. Útiles y equipos de trabajo.
1.08.-	Certificación, aceptación y autorización	5.03.-	Trabajos preliminares fuera de la obra.
1.09.-	Códigos de buena práctica y otras guías para la utilización del sistema.	5.04.-	Transporte a la obra y dentro de la obra.
2.-	INFORMACIÓN DE LA DESCRIPCIÓN	5.05.-	Almacenamiento en obra.
2.01.-	Construcción y concepción:	5.06.-	Trabajos preliminares en obra.
	Cimentaciones.	5.07.-	Trabajos permanentes en obra: Método de construcción y de trabajo. Tratamiento de superficies.
	Fachadas, muros y tabiques.	5.08.-	Medidas de protección: Inspección y mantenimiento. Prevención de accidentes. Limpieza. Eliminación de desechos.
	Forjados.	6.-	CONSIDERACIONES DE CONCEPCIÓN Y DETALLES
	Techos.	7.-	INSTRUCCIONES DE ACTUACIÓN EN SERVICIO INCLUYENDO MANTENIMIENTO
	Medios de acceso y subida.	8.-	INFORMACIONES ECONÓMICAS Y COMERCIALES.
	Otras instalaciones.	8.01.-	Compra y venta.
	Energía eléctrica.	8.02.-	Transporte.
	Servicio de agua.	8.03.-	Consumo de materiales por pérdidas normales.
	Drenaje.	8.04.-	Montaje e instalación: Horas-hombre para los procesos de montaje. Tiempos estimados. Costos de montaje.
	Calefacción, agua caliente y refrigeración.	8.05.-	Costos durante la utilización del edificio.
	Ventilación.	8.06.-	Costos de uso.
	Iluminación.	8.07.-	Entrega y distribución.
	Comunicaciones.	8.08.-	Condiciones de entrega (Garantías).
	Movimiento de personas y mercancías.	8.09.-	Control de calidad. Métodos de comprobación: Tolerancias. Control de fabricación. Control a la salida de la fábrica. Control de aceptación del receptor.
	Seguridad contra el fuego, robo y tormentas.	8.10.-	Grado de industrialización alcanzable por el sistema.
2.02.-	Forma y dimensiones:	8.11.-	Servicios técnicos de ventas y contratos.
	Forma del edificio.	9.-	REFERENCIAS A LA BIBLIOGRAFÍA Y A LAS CONSTRUCCIONES EXISTENTES
	Datos gráficos.		
2.03.-	Relaciones espaciales con el entorno:		
	Reglas modulares.		
	Subdivisión del espacio.		
	Posibilidades de establecer espacios suplementarios.		
	Espacios para almacenar.		
	Accesos para el mantenimiento.		
2.04.-	Pesos y cargas:		
	Cargas sobre la cimentación.		
	Cargas muertas.		
	Cargas en vacío.		
2.05.-	Paramentos:		
	Planeidad de superficies.		
	Textura.		
	Color y acabados superficies interiores / exteriores.		
	Otras características que afectan a la apariencia.		
2.06.-	Estructura interna.		
2.07.-	Medio ambiente.		
3.-	COMPORTAMIENTO EN SERVICIO		
3.01.-	Comportamiento estructural.		
3.02.-	Fuego. Estabilidad estructural ante incendios.		
3.03.-	Seguridad personal.		

- 2.- Piezas que hay que transportar cada día (para con seguir que a pie de obra estén ordenadas las piezas que se van a ir montando).
- 3.- Orden de montaje de las piezas; y de las que hay que montar cada día (para poder planificar la obra día a día).

III.6.3. El proyecto de industrialización: práctica

Acotado en forma muy somera lo que entiende BSCP (8) por proyecto de industrialización, es el momento de analizar cómo se hace y de qué consta.

Cómo se hace:

Antes de iniciar la redacción del proyecto de industrialización, deben existir:

- a) Un solar concreto.
- b) Un proyecto de arquitectura.
- c) Un constructor.
- d) Un sitio para fabricar las piezas.

Ya que debe redactarse de acuerdo con la zona donde se va a construir, en conformidad con el proyecto de arquitectura, teniendo en cuenta los medios mecánicos y humanos de que dispone el constructor y conociendo el lugar donde se fabricarán las piezas.

Para redactar un proyecto de industrialización hay que conseguir unificar los cuatro parámetros -solar, proyecto, constructor y sitio para fabricar-, y para ello hay que:

- A) Analizarlos:** estudiando cada uno de ellos para descubrir sus fortalezas, debilidades y posibilidades.
- B) Conocerlos exhaustivamente:** el objetivo del punto anterior es terminar conociendo en detalle los cuatro parámetros -suelo, proyecto, constructor y sitio para fabricar-, para encontrar las posibles incompatibilidades que pueda haber entre ellos (por ejemplo, no existe en el lugar donde se va a construir el árido previsto en el proyecto).
- C) Compatibilizarlos:** conocidas las incompatibilidades que pudieran existir entre los cuatro parámetros hemos de encontrar soluciones para que todos ellos se puedan ir homogeneizando, sustituyendo las dificultades por posibilidades reales.
- D) Adaptarlos:** una vez que se ha conseguido la compatibilidad de los cuatro parámetros hay que adaptarlos a

las tecnologías que se van a aplicar para desarrollar el proyecto de industrialización.

Todo ello es previo al inicio del proceso de realización del proyecto. Una vez conseguido puede iniciarse su confección debiendo cubrir con él necesariamente siete etapas para resolver los siete procesos analizados anteriormente:

- 1ª Adaptar el diseño del proyecto arquitectónico a un diseño similar compatible con las tecnologías empleadas.³
- 2ª Diseñar todas y cada una de las piezas con los acabados previstos y las instalaciones incorporadas.
- 3ª Diseñar los moldes necesarios para realizar las piezas.
- 4ª Diseñar los nudos, uniones y juntas entre las distintas piezas.
- 5ª Indicar el orden con que hay que fabricar las piezas para conseguir que no se produzcan estocajes de piezas sin transportar.
- 6ª Indicar el orden en que hay que apilar las piezas en cada camión y cuáles son las que deben llegar a pie de tajo, para que sólo estén en la obra aquellas piezas que hay que montar cada día.
- 7ª Indicar consecutivamente el orden de montaje de todas las piezas, además de qué piezas hay que montar cada día.

Como puede apreciarse se requiere un trabajo de gabinete preciso y el establecimiento de controles durante el proceso de confección de un proyecto de industrialización, ya que cualquier olvido o error puede producir pérdidas.

De qué consta:

Indicado cómo se redacta o elabora un proyecto de industrialización se trata ahora de describir los documentos que hay que confeccionar en cada una de las siete etapas indicadas anteriormente.

El objeto de dividir el proyecto de industrialización en siete documentos entrelazados entre sí pretende, entre otras cosas, dar la posibilidad de que se pueda utilizar cada uno de ellos de forma independiente. Los documentos de los que se compone un proyecto de industrialización mediante la metodología elaborada por BSCP son los que se detallan en forma muy resumida en la Tabla 3.15 en la que hemos recogido una imagen tipo de cada documento a modo de ilustración.

III.7. EL PROYECTO CON SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

III.7.1. Proyecto con sistemas prefabricados

El traslado a pequeños talleres o grandes plantas de producción de una parte de los trabajos de obra, constituyó un cambio novedoso en la forma de concebir la arquitectura.

El proyecto tradicional se limita a expresar espacios arquitectónicos, especificaciones y materiales a usar. La experiencia del constructor habituado a elaborar materias primas simples y materiales amorfos mediante trabajo artesanal no requería de mayor información. La prefabricación transformó en parte la forma de concebir el proyecto de arquitectura introduciendo los conceptos de normalización y tipificación de componentes elaborados previamente en fábrica o en

¹ En cierto modo, el trabajo de Bocalandro roza lo que Smith y Testa (9), hace ya varias décadas, bautizaron como el "proyecto invertido", es decir el que parte de una serie de elementos y detalles constructivos perfectamente estudiados y estandarizados por "el sistema industrializado", elementos, uniones, - plantas de viviendas y volúmenes de edificio - lo que lleva según los autores a que el proyecto arquitectónico en estos casos sea básicamente de planeamiento urbano. Se parte de planos 1/100; 1/10 e incluso 1/1 como datos predeterminados y se trabaja en la elaboración del proyecto con escalas 1/500; 1/100.

² La descripción del "Proyecto de Industrialización" que se hace en los Puntos 3.6.2 y 3.6.3 es adaptación libre del autor a la vista de la documentación de la empresa española Building System with Concrete Panel S.L. (BSCP) que utiliza en forma práctica esta metodología para la construcción a base de sistemas prefabricados, bien con soluciones propias de BSCP, bien transformando proyectos de arquitectura "tradicionales" en Proyectos de Industrialización.

En cualquier caso, se trata de una adaptación libre de las partes que nos han parecido podrían ser de interés para el lector, en el contexto formativo que pretende este Capítulo.

obra, pero fuera del lugar definitivo que ocuparán en la edificación. También introdujo en parte, sólo en parte, métodos organizativos de la industria en la ejecución de obras, y creó industrias de apoyo, convirtiendo el montaje estructural en un proceso industrial.

Medidas preferentes

La forma y el tamaño de partes de la vivienda están unívocamente referidas a su uso por el hombre y al cuerpo humano (la altura de antepechos o de planos de trabajo, el largo de una cama, la profundidad de un armario, etc.) y sobre este tema se han publicado estudios exhaustivos. Aquí sólo señalaremos las dimensiones más comunes en las que se apoya la ejemplificación que se expone más adelante, agrupadas en: verticales y horizontales.

A modo de ejemplos puntuales y dada la prestigiosa práctica acumulada por Dinamarca en estos temas dimensionales/modulares, reproducimos en la Tabla 3.16 la lista de dimensiones preferentes para construcción adoptada por la norma danesa DS/R 1.075 y en la Figura 3.9 se recopila a modo de resumen las principales reglas de las dimensiones verticales normalizadas con arreglo a la DS 1.000.

Medidas preferentes verticales

Los espesores de forjados terminados

(con suelo y techo incluidos) dependen de muchas circunstancias (materiales, luces de estructura, aislamientos, etc.), por lo que esa dimensión se considera como propia del sistema tecnológico empleado y por tanto puede considerarse como dimensión técnica, o amodular. Esto plantea dos posibilidades cuando los edificios son de varias plantas:

Dimensión suelo-suelo: Permite tramos iguales de escaleras y de elementos de fachada exteriores a los bordes de forjados. Suele fijarse entre 2,70 y 3,00 metros.

Dimensión suelo-techo: Permite igualar los tabiques y elementos de fachada interiores a bordes de forjados. Suele fijarse entre 2,40 y 2,70 metros como medida general y en 2,10 metros como mínimo para zonas de uso esporádico (circulaciones o sectores de locales más altos).

Dinteles: 2,00 a 2,10 metros sobre el suelo para puertas, y como medida básica para todas las aberturas.

Antepechos: 0,90 metros como altura básica; pudiendo agregarse las de 0,60 metros y 1,50 metros para ampliar o restringir visuales, respectivamente.

Otro grupo de medidas verticales, como las que se refieren al plano de trabajo de pie (1,83 metros), al plano de asiento (0,40 metros), o a otras alturas de uso corriente, afectarán más al equipo o mobiliario.

Medidas preferentes horizontales

Un primer grupo, definido y vinculado antropométricamente al uso, como pueden ser las profundidades de armarios y planos de trabajo en cocina (de 0,50 a 0,60 metros) constituyen medidas fijas, máximas y mínimas.

Un segundo grupo, muy determinado por el mobiliario o equipo y su área de utilización y circulación perimetral, lo constituye una serie de dimensiones mínimas en dormitorios (camas), el aseo (aparatos sanitarios), el comedor (mesa y sillas), etc.

Un tercer grupo, para el que también se fijan mínimos, podría enunciarse como de definición espacial y está referido a las zonas de paso (vestíbulo y pasillos) y de estar

(estancias o terrazas). Aunque se suelen justificar antropométricamente o funcionalmente (ancho del cuerpo en pasos, distancia al televisor, modos de sentarse, formación de grupos, etc.), es el conjunto de medidas más referidas a la definición espacial de la vivienda, en el sentido vivencial más completo de la palabra.

Si el primer grupo puede vincularse directamente a formas, tamaños y soluciones constructivas, los dos segundos no, ya que dependen fundamentalmente de la distribución de elementos divisorios para los que, en todo caso, se puede aproximar un ordenamiento dimensional a través de una disciplina modular.

Organización modular

Todas aquellas dimensiones de una construcción a las que se pueden adjudicar cotas derivadas de la antropometría o de una función bien definida, quedarían liberadas a decisiones de diseño.

A modo de sugerencias que tomamos del arquitecto Bocalandro (7), y pensando fundamentalmente en tipologías de viviendas en altura -departamentos-, hemos ordenado en la Tabla 3.17 cuatro criterios constructivos derivados de su dilatada práctica, criterios básicos de proyecto con sistemas prefabricados que enlazan con las ideas de racionalización, organización geométrica y dimensional encaminadas a perfeccionar las estrategias de industrialización (10).

III.7.2. Diseño y tecnología

Existen países en los que determinadas normas o instituciones establecen requerimientos mínimos de área y de precios máximos de venta para diferentes niveles de ingreso de población. Ello puede ser una referencia para establecer los condicionantes de tipo económico que gravitarán sobre el diseño, tanto de las edificaciones como de la estrategia tecnológica a seguir.

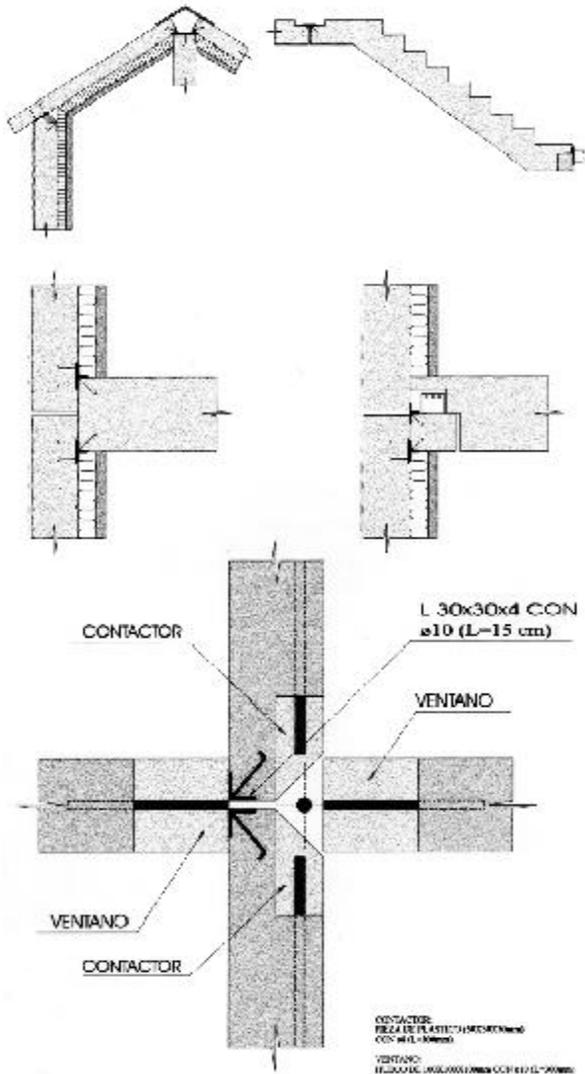
La arquitecta Carmen Yanez⁵, define seguidamente algunos aspectos de diseño y tecnología basados en su concepción como binomio inseparable por la interacción que se produce entre ellos para lograr soluciones satisfactorias.

Señala Yanez como variables importantes a tener muy presentes:

- **La versatilidad**, es decir, la posibilidad de ofrecer soluciones a programas de necesidades distintos. Ello determina, en el caso de las tecnologías industrializadas, los tipos y las cantidades de componentes de las viviendas. Está bastante generalizada la creencia sobre la rigidez que le imprime al diseño el uso de tecnologías no tradicionales. La realidad es que se han concentrado muy pocos esfuerzos en la búsqueda de soluciones atractivas desde el punto de vista arquitectónico que cumplan con los obje-

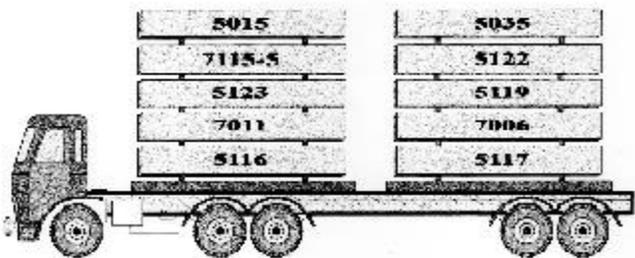
³ Respetamos, pero no compartimos, este criterio propugnado por BSCP. En nuestra opinión tal y como hemos avanzado en la octava conclusión del apartado 2.4 y al elogiar la metodología de proyecto practicada por Aillaud (Punto 2.3.1) no se debe proyectar *en tradicional* para construir *en industrializado*.

⁴ BSCP basa las distintas fases del "Proyecto de Industrialización" en la tecnología CERHC a base de grandes paneles de hormigón; no obstante, estima que la metodología y documentación que se explicita más adelante tiene validez orientativa para cualquier sistema constructivo, no necesariamente de hormigón ni de grandes paneles.



Documento n° 4: Definición de todos los nudos, apoyos y juntas de unión de las distintas piezas diseñadas y de los detalles constructivos para que el arquitecto pueda incorporarlos a los órdenes de la dirección facultativa y para que el fabricante pueda realizar el montaje de las piezas.

GRUA NUMERO: 2 CAMIÓN NUMERO: 67
 AGRUPACIONES: C-2 decha.



Documento n° 6: Órdenes diarios de transporte de piezas, para una correcta coordinación del fabricante y el constructor, de forma que lleguen a obra piezas que se vayan a montar en cada momento y en el mismo orden de montaje.

MESA PIEZA	A-1 5100	A-2 5101	A-3 5104	A-4 7107	A-5 7108	A-6 7129	A-7 7101	A-8 7102	A-9 7102
MESA PIEZA	A-10 7102	A-11 7102	A-12 7102	A-13 7103	A-14 7103	A-15 7103	A-16 7103	A-17 7103	A-18 7106
MESA PIEZA	A-19 7106	A-20 7011	A-21 7012	A-22 7112	A-23 7109	A-24 7110	B-1 5003	B-2 5003	B-3 5153
MESA PIEZA	B-4 5133	B-5 5135	B-6 5116	B-7 5019	B-8 5019	B-9 5013	B-10 5117	B-11 5117	B-12 5118
MESA PIEZA	B-13 5123	B-14 5128	B-15 5013	B-16 7013	B-17 7015	B-18 7014	B-19 7020	B-20 7021	B-21 7027
MESA PIEZA	B-22 7008	B-23 5032	B-24 5101	B-25 5114	B-26 5120	B-27 5122	B-28 5002	B-29 5109	B-30 5109
MESA PIEZA	G-4 5129	G-5 5132	G-6 5051	G-7 5151	G-8 5014	H-1 5057	H-2 5005	H-3 5005	H-4 5025
MESA PIEZA	H-5 5021	H-6 5029	H-7 5038	H-8 5007	H-9 5007	H-10 5113	H-11 7018	H-12 7012	H-13 7012
MESA PIEZA	H-14 5020	H-15 5012	H-16 7102	H-17 7102	H-18 7107	H-19 7105	H-20 7115	H-21 5029	H-22 5125
MESA PIEZA	H-23 7111	H-24 7105	H-25 7115	H-26 5012	H-27 5017	I-1 5119	I-2 5119	I-3 5016	I-4 5002
MESA PIEZA	J-1 7114	J-2 5004	J-3 5004	J-4 5014	J-5 5035	J-6 5112	J-7 7022	J-8 7115	J-9 2001
MESA PIEZA	K-1 2001	K-2 2001	K-3 2001	K-4 2001	K-5 2001	K-6 2001	K-7 2001	K-8 2001	K-9 2001
MESA PIEZA	K-10 2001	K-11 7004	K-12 7004	K-13 7004					

Documento n° 5: Órdenes diarios de fabricación de las piezas que componen la obra gris con indicación de las piezas que sea preciso fabricar cada día y los moldes a utilizar para una correcta organización de la obra por el constructor y del fabricante en la producción de las piezas.

-Colocar armaduras pilares:

Nº	1	2	3	4	8	9	10	11
Nº	12	13	15	16	18	19	22	

-Hormigonar viga: 1017-1

-Encofrar y hormigonar pilares 23 y 28 (Parcial).

-Replanteo de tabiques zona hormigonada.

-Replanteo de tabiques zona hormigonada.

Nº	136	137	138	139	140
Nº	5034-1-1	5017-1-1	5012-1-1	5011-2-1	7012-5-1

-Encofrar y hormigonar pilares. 26-21-7-14-6-13-20-12-5-19-25-18-11-4

Nº	141	142	143	144	145	146
Nº	7009-2-1	7013-2-1	7017-1-1	7019-1-1	7015-2-1	7010-2-1
Nº	149	150	151	152	153	154
Nº	7009-2-1	7021-1-1	7016-1-1	5015-2-1	5011-1-1	1017-2-2

-Hormigonar vigas de contorno (Equipo de varios).

Nº	157	158	159	160	161	162
Nº	7009-2-1	7013-2-1	7017-1-1	7019-1-1	7015-2-1	7010-2-1

Documento n° 7: Órdenes diarios de montaje, para la coordinación del fabricante y del constructor en la obra.

tivos de seguridad y bajo costo. A esto hay que añadir que los niveles de costos de los insumos de construcción se incrementan día a día, en tal magnitud que para lograr costos de construcción accesibles para la población de bajos ingresos se sacrifican en muchas ocasiones aspectos estéticos. Y que son, en definitiva, los que ocasionan la crítica fundamental y en parte el rechazo, que ha existido hacia las tecnologías industrializadas, y particularmente hacia la prefabricación. Resulta más atractivo para ciertos profesionales actuar en otros campos cuando se pretende obtener mayores beneficios económicos y reconocimiento en el ámbito profesional.

- **Las exigencias de seguridad** que deben satisfacerse mediante el planteamiento estructural determinan la configuración espacial de las viviendas. Hemos de ser conscientes de que la toma de decisiones desde las primeras etapas del proceso de diseño tiene influencia en la rigidez del conjunto estructural y que por lo tanto dichas decisiones deben ser tomadas con la participación de los diferentes profesionales que integran el equipo de diseño.
- **Las exigencias de durabilidad**, constituyen un factor determinante para la selección de materiales y su tratamiento.

Tabla 3.16

Lista de multimódulos preferentes M = 100 mm	Columnas duplicadas			
	1	2	3	4
Intervalo 3	3			
6	6			
3M 9		9		
12	12			
15			15	
18		18		
21				21
24	24			
Intervalo 30			30	
6M 36		36		
42				42
48	48			
60			60	
Intervalo 72		72		
12M 84				84
96	96			
120			120	
144		144		
168				168
192	192			
240			240	
288		288		
Intervalo 336				336
48M 384	384			
480			480	
Intervalo 576		576		
96M 672				672
768	768			
960			960	
Intervalo 1152		1152		
192M 1344				1344
1536	1536			
Etc.				

Las tecnologías orientadas al desarrollo de nuevos materiales exigen un profundo conocimiento de las debilidades y bondades que éstos tienen para desarrollar estructuras eficientes y seguras desde el punto de vista de su comportamiento. En el caso de la vivienda de muy bajo coste tienen tanto peso específico como las de orden técnico, la factibilidad de producción y los costos finales.

El uso de materiales tradicionales como bloques de arcilla, concreto en sus múltiples opciones, acero y madera, entre los más usuales, no garantiza la eficacia de las soluciones si no están concebidas racionalmente. Una concepción racional significa el aprovechamiento máximo de sus propiedades físico-mecánicas, capacidades resistentes y, por supuesto, su disponibilidad en el área de actuación.

- **Los tiempos de ejecución** son un factor fundamental en la selección de la tecnología, por cuanto los problemas de déficit habitacional son apremiantes. En este punto la arquitecto Yanez (11) se cuestiona si es posible resolver, o disminuir, en términos cuantitativos el problema a corto plazo, con tecnologías tradicionales. La prefabricación presenta la ventaja de la producción en avance y la simultaneidad de operaciones. La producción de componentes, entendidos éstos como elementos compuestos con algún grado de elaboración para simplificar su ensamblaje, permite mantener un stock susceptible de ser utilizado en diferentes frentes de montaje de una misma obra.

- **Las formas de producción** de las viviendas van a influir en la toma de decisiones acerca de los tipos estructurales y las relaciones geométricas que deben adoptarse. El diseño mediante la aplicación de tecnologías industrializadas implica la consideración de aspectos adicionales a los que se tienen en cuenta en la construcción tradicional. Si se trata de tecnologías de prefabricación es fundamental tomar en consideración la ubicación de cada componente en la vivienda, su forma de ensamblaje en obra para analizar el comportamiento individual de cada componente y del conjunto, tanto desde el punto de vista de la conformación espacial como del comportamiento estructural.

- **El medio físico** en el cual se actuará debe ser considerado como variable por las condiciones de ubicación - medio urbano o rural- clima, tipo de suelos, riesgo de sismos u otras eventualidades, que pueden exigir consideraciones particulares en cuanto a la configuración física, los tipos estructurales y las formas de producción a adoptar.

- **Las exigencias de confort** constituyen posiblemente la variable más polémica, por cuanto la asociación bajo costo-confort parece una meta inalcanzable. Sin embargo, el planteamiento de dotar a la vivienda de los servicios mínimos -agua y electricidad- optimizando la ubicación y el diseño de las redes, abre la posibilidad de reducir costos en este renglón, sin sacrificar su calidad y eficiencia. Con estas economías se podrán satisfacer otros requerimientos como podrían ser el confort térmico o acústico, o lo más deficiente, en el caso de la vivienda económica, la escasez espacial.

⁵ Carmen Yanez pertenece al equipo técnico-directivo de OTIP S.A. y cuenta con una dilatada experiencia en el desarrollo de soluciones y tecnologías industrializadas para viviendas unifamiliares y edificios en altura. Este punto lo tomamos en forma prácticamente textual de uno de sus trabajos expuestos en el Curso Teórico- Práctico sobre Construcción Industrializada organizado en Puerto Ordaz (Venezuela) 1992

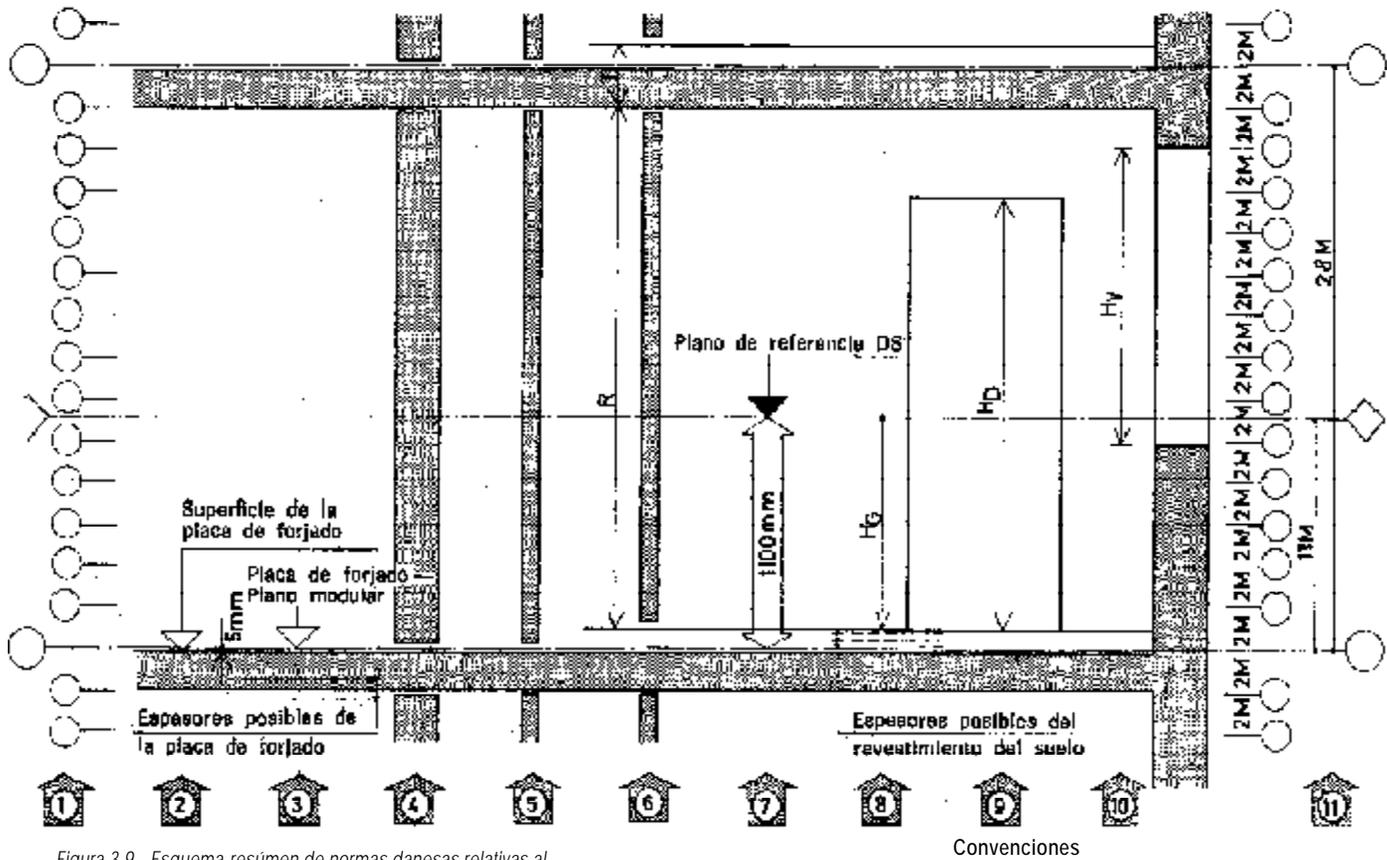


Figura 3.9.- Esquema-resumen de normas danesas relativas al dimensionamiento en la construcción de viviendas indicando la norma correspondiente y el enunciado de su contenido temático.

III.7.3. Elección del esquema estructural

Cuando se proyectan viviendas en bloques -departamentos- el optar entre sistemas de esquema portante -longitudinal, transversal o cruzado-, es una de las decisiones claves en la elaboración/elección de un sistema constructivo. Es una decisión que implica razones de tipo arquitectónico, estructural, de producción y económicas. En nuestra personal apreciación y sin carácter universal, el esquema portante transversal presenta algunas ventajas notables:

1.- *Razones de carácter arquitectónico:* El sistema transversal ofrece al proyectista una mayor libertad para la resolución de las fachadas. La solución de los cerramientos conlleva funciones fundamentalmente estéticas así como de aislamiento térmico y acústico. (Tabla 3.18).

2.- *Razones de tipo estructural:* Suele darse con gran frecuencia el esquema estructural a base de muros portantes transversales con arriostramiento longitudinal en los muros de remate de caja de escaleras y componentes ligeros de fachada cuya única función estructural es la de absorber los esfuerzos horizontales debidos al viento u otras acciones horizontales.

Los elementos de muro exterior han de ser aptos para transmitir las acciones horizontales a los forjados (Figura 3.10). El acoplamiento entre el muro exterior y el forjado debe diseñarse para transmitir acciones horizontales, incluyendo el anclaje de la fachada frente a la acción del viento. Los forjados actúan a modo de diafragmas continuos y transmiten esfuerzos a los muros de arriostramiento. Si se usan forjados realizados a base de elementos, las juntas entre ellos deben diseñarse para absorber los esfuerzos cortantes.

Ello se consigue, en parte, mediante juntas machihembradas y también mediante el armado de las juntas. Las acciones

Convenciones	Contenido temático	Norma	Valor
1	Módulo vertical de diseño, 2M	DS	1011,2
2	Módulo de la placa de forjado, 5 mm por debajo del plano modular	DS/R	1049
3	Placa de forjado - plano modular. Elementos huecos de forjado. Los distintos espesores posibles de las placas de forjado se replantean hacia abajo	DS/R	1038
4	Muros portantes interiores. La altura depende del espesor de la placa de forjado.	DS/R	1039
5	Muros interiores no portantes. La altura depende del espesor de la placa de forjado.	DS/R	1042
6	Tabiques desplazables. La altura está determinada por la altura de la habitación H.	DS	1000
7	Dimensiones verticales de accesorios e instalaciones fijas a partir del plano de referencia.	DS/R	1046
8	Superficies del suelo tomadas a partir del plano de referencia.	DS/R	1046
9	Dimensiones para los huecos de las puertas, Hp. La altura del dintel depende de la altura del suelo.	DS	1028
10	Dimensiones para los huecos de las ventanas, Hv. El hueco de la ventana debe ser modular, pero su colocación vertical no tiene que seguir necesariamente las líneas modulares.	DS	1003
11	La altura del piso es 28 M (= R + T). Requisito de las normas de construcción.	DS	1000

que actúan sobre los muros ocasionan el que éstos se comporten como ménsulas verticales o diafragmas empotrados en los cimientos. Por esta razón, los muros tienen que estar diseñados para resistir esfuerzos de flexión.

3.- *Razones derivadas del proceso de fabricación:* Las técnicas de producción de forjados de armado unidireccional