

SISTEMAS ESTRUCTURALES PARA EDIFICACIONES EDUCACIONALES(*)

Ing. Gladys Maggi V.

excedan del 70% del monto del avalúo que sirvió de base para su otorgamiento. Ambos decretos se producen en un contexto, completamente distinto al que dio origen al Decreto 1540 en Abril de 1976, cuando la liquidez del sistema financiero hipotecario era muy alta. El mantenimiento del mismo esquema y política, dentro de un escenario restrictivo en la oferta de créditos, de encarecimiento de los costos y de negativa propensión de ahorro, es indicativo de la reiterada miopía oficial frente a las causas del problema habitacional. De hecho se han confirmado mis apreciaciones de que el aparato productivo de viviendas se paralizaría, y en efecto, durante el primer trimestre de 1985, no se inició ninguna nueva vivienda, con crédito privado, en el país. La situación restrictiva también ha confirmado mi apreciación de que se producirán absorciones y fusiones entre entes financieros hipotecarios y de ahorro y préstamo. Pero la insistencia en una política de estímulos a la "venta de créditos" no pasará de ser un "saludo a la bandera": no tendrá ningún efecto...

Abril, 1985.

Introducción.

El IDEC, en el área de Desarrollo, ha afrontado proyectos de investigación dirigidos al desarrollo tecnológico de la construcción en Venezuela, específicamente en el campo de las edificaciones. Entre los objetivos orientadores de estas investigaciones, podemos mencionar:

—Incorporación de alternativas tecnológicas en el desarrollo de sistemas, componentes y materiales de construcción.

—Sistemas racionalizados para la producción masiva de edificaciones.

—Criterios de flexibilidad para la adaptación de las edificaciones a distintos requerimientos, y

—Efectividad funcional de las edificaciones ante las solicitudes a las cuales van a estar sometidas.

Dentro de este enfoque se han desarrollado sistemas constructivos, utilizando la tecnología del concreto y del acero, que nos han permitido incidir directamente en la producción de edificaciones para diferentes usos.

El objeto de este trabajo es analizar dos sistemas constructivos aplicados en edificaciones educacionales, ya construidas, con la finalidad de conocer su rendimiento en los aspectos de producción y montaje, así como su efectividad en la primera aplicación. Esto nos permitirá realizar los ajustes necesarios para optimizar su producción a mediano plazo y garantizar su competitividad en el mercado nacional.

El trabajo se organiza en cuatro fases. En la primera se plantean los criterios manejados en el diseño del sistema, así como la descripción de sus características dimensionales, estructurales, de producción y otras. Seguidamente se incluye una memoria de la primera aplicación del Sistema, donde se hace referencia a la información inherente a la propia edificación: ubicación, área de construcción, cliente, promotor, costos, contratistas, participantes, etc.

La tercera fase se refiere al análisis del proceso de producción, tanto de la estructura como de la edificación, considerando los diferentes factores que intervienen en

el proceso: mano de la obra, maquinaria, equipos e insumos.

En la cuarta fase se incluye, consideraciones generales y recomendaciones que pueden servir para nutrir el proceso de desarrollo de los sistemas.

Para el análisis se seleccionaron los sistemas estructurales:

Sistema Constructivo Aporticado de Concreto —SICAC—

—Sistema de Estructura Metálica Apornada —SIEMA—

A.1. Criterios y Características del Sistema SICAC

A.1.1. Criterios del Sistema

Tradicionalmente en las construcciones educacionales venezolanas, se han venido utilizando sistemas estructurales resistentes a momento, comúnmente llamados estructuras aporticadas, las cuales están constituidas por elementos rectos horizontales (vigas) ubicados en un mismo plano horizontal, conectados a elementos rectos verticales (columnas) mediante juntas monolíticas rígidas.

Estas estructuras tienen la ventaja de ofrecer la flexibilidad requerida para la organización de los diferentes ambientes, por cuanto los espacios para aulas tienen una exigencia de luz entre los apoyos del orden de los 7.20 mts.

Se ha propuesto el desarrollo de sistemas constructivos basados en estructuras aporticadas utilizando la tecnología de la fabricación.

En el diseño de un sistema prefabricado hay que tomar en cuenta, las cargas actuantes y las solicitudes a las cuales van a estar sometidas las conexiones entre

(*) Artículo tomado del Trabajo: "SISTEMAS ESTRUCTURALES EN ACERO Y CONCRETO DESARROLLADOS EN EL IDEC Y CONSTRUIDOS EN EL PERIODO 1977-1984", Gladys Maggi V IDEC-FAU-UCV. Marzo 1985.

los elementos prefabricados; por ello es importante, no sólo la determinación del tamaño de las secciones y las cantidades de armaduras requeridas, sino también el diseño de las formas estructurales que permitan plantear elementos constructivos prefabricados que garanticen la seguridad requerida por el conjunto estructural.

La solución de las conexiones entre los elementos prefabricados debe ser capaz de resistir los esfuerzos debidos a las fuerzas horizontales, sin alterar las condiciones de resistencia y ductilidad, exigidas por las estructuras tradicionales. Entendiéndose por tradicionales las estructuras aporticadas vaciadas en sitio.

En el análisis estructural de los elementos constructivos se emplean los conocimientos de la estática que generalmente utilizamos en las estructuras aporticadas. Sin embargo, debe tomarse en cuenta en el diseño, que estos elementos pueden estar sometidos a esfuerzos adicionales durante el proceso de manejo y montaje de los mismos.

La tecnología seleccionada para la producción de los elementos prefabricados, influye de una manera determinante en las decisiones finales que deben tomarse en cuenta para la definición del sistema constructivo. En los sistemas constructivos prefabricados pueden utilizarse diferentes recursos para la ejecución de las conexiones, por ejemplo: pernos, soldaduras, armaduras rígidas, postensado, uniones húmedas, etc.

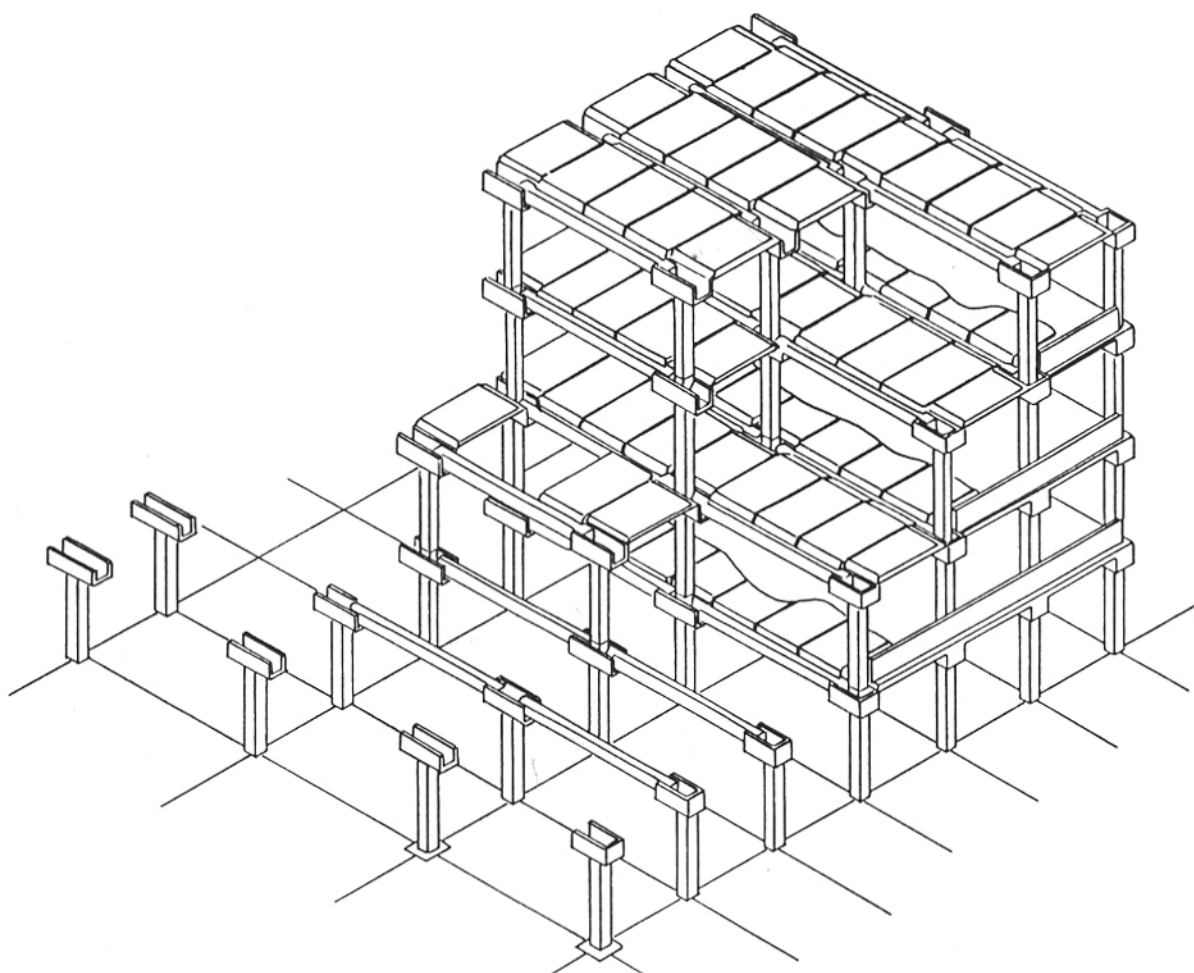
La tecnología utilizada para realizar las conexiones, plantea exigencias diferentes en cuanto a las tolerancias de los elementos prefabricados a unir. Dichas tolerancias influyen en la manera de producir los elementos prefabricados (moldes, controles, proceso.)

Las conexiones húmedas permiten, adicionar armaduras, solapar los aceros salientes de los elementos prefabricados, y vaciar concreto. En este tipo de conexión los elementos prefabricados sirven como encofrados. La conexión húmeda permite ser ejecutada con un control de calidad no excepcional.

La tipificación tanto de los elementos prefabricados como de las conexiones, trae como consecuencia, la

A _ SISTEMA CONSTRUCTIVO APORTICADO DE CONCRETO

• SICAC •



racionalización del material utilizado, el adiestramiento de la mano de obra y la normalización del control de calidad.

La tipificación que utiliza el menor número de elementos y de conexiones, trae como consecuencia la sencillez en la producción, el manejo y el montaje, de los elementos prefabricados.

Bajo estos lineamientos básicos expuestos, se ha desarrollado el sistema SICAC, el cual hasta el momento se ha aplicado en la construcción de edificaciones educacionales.

A.1.2. Características del Sistema SICAC

El SICAC es un sistema aporricado, prefabricado de concreto armado.

USO:

—Edificaciones educacionales y hospitalarias

MATERIAL:

—Concreto armado especificaciones.

$f_y = 5.000 \text{ Kg/cm}^2$ (mallas)

$f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ (concreto)

$f_y = 4.200 \text{ Kg/cm}^2$ (refuerzo)

MODULO DE DISEÑO:

—1,20 m. x 1,20 m.

MODULO ESTRUCTURAL:

—9,60 m. x 3,60 m.

—7,20 m. x 3,60 m.

LUCES:

—Transversal (de carga) = 9,60 m. y 7,20 m.

—Longitudinal: 3,60 m.

NUMERO DE PISOS:

—Hasta cuatro pisos

ALTURA DE ENTREPISO:

—3,60 m. con una altura libre a nivel inferior de viga de 3,00 m.

COMPONENTES ESTRUCTURALES:

—Losa prefabricada maciza de espesor 15 cm.

—Viga transversal prefabricada de sección trapezoidal. Hay de dos tipos.

—Viga longitudinal prefabricada de sección trape-

zoidal, o antepechos.

—Columnas prefabricadas de sección cuadrada, con capitel en su extremo superior.

—Escalera de dos tramos en acero, con escalones de concreto. Se hace necesario el desarrollo de una escalera de concreto armado.

UNIONES:

El sistema contempla uniones húmedas.

—Para la conexión columna-fundación se provee en la infraestructura, una cajuela que permite el empotramiento de las columnas de la planta baja.

—La conexión viga columna se realiza mediante el empotramiento de las vigas y de la columna del piso superior, en la cajuela prevista en el capitel de la columna del piso inferior.

—Conexión losa-viga, se diseñaron los bordes de la losa que permiten realizar la unión húmeda y se previeron dedos de concreto que permiten apoyarla temporalmente durante el proceso de montaje.

MAGNITUD DE LOS COMPONENTES:

—Elemento más grande: 4,06 m. x 1,80 m. x 0,60 m. (elemento vertical).

3,50 m. x 1,79 m. x 0,15 m. (elemento horizontal).

—Elemento más pesado: 2.200 Kg.

SOBRECARGAS:

—Tanto el entrepiso como el techo se diseñaron con las sobrecargas siguientes:

Carga viva = 300 Kg/m².

Tabiquería: = 100 Kg/m².

Acabado de piso = 100 Kg/m².

SISTEMA RESISTENTE A CARGAS VERTICALES:

—Las cargas son soportadas por las losas que trabajan a flexión en una dirección y las transmiten a los pórticos transversales (vigas transversales y columnas-capitel).

SISTEMA RESISTENTE A CARGAS HORIZONTALES:

—Son resistidas por los pórticos transversales y los pórticos longitudinales, según la dirección en que actúa el eventual sismo.

PESO DE ACERO:

32,2 Kg./m²

PESO DEL CONCRETO:

29,7 cm./m²

PROCESO DE PRODUCCION:

—La producción de los componentes estructurales se realiza en planta fija o a pie de obra, según las características y ubicación geográfica de la edificación.

—Se ejecuta con moldes sencillos, elaborados con los medios de producción disponibles en la industria metalmeccánica nacional.

—Las losas se producen horizontalmente sobre postas de concreto y encofrados metálicos laterales.

—Las vigas se producen horizontalmente con encofrados de concreto.

—Columna-capitel, se producen verticalmente con encofrados metálicos.

PROCESO DE MONTAJE:

—El proceso de montaje debe planificarse en función de cada edificación, y se preve la utilización de torres-grúas.

—Las etapas del proceso son las siguientes:

Ejecución de las obras de infraestructura de acuerdo a las características del terreno, en las cuales es importante prever las aberturas correspondientes para la fijación de las columnas en la planta baja.

Colocación de las columnas en la planta baja.

Colocación de las vigas.

Colocación de las losas.

Colocación de armaduras adicionales sobre vigas y capiteles, y solape de las armaduras salientes de los elementos prefabricados.

Colocación de las columnas del nivel superior.

Vaciado del concreto en las conexiones de los elementos prefabricados.

CERRAMIENTOS:

—Los componentes de cerramientos exteriores e interiores no han sido desarrollados para el sistema.

Pueden utilizarse tabiquería de mampostería así como componentes livianos de cerramientos existentes en el mercado.

INSTALACIONES:

—Las instalaciones se diseñarán en forma convencional tomando en cuenta los requerimientos de la edificación. Debe considerarse el paso de las instalaciones sanitarias a través de las losas, para prever las aberturas correspondientes, en la prefabricación de dichos componentes.

DOCUMENTACION DEL SISTEMA (*):

- Memoria descriptiva
- Catálogo de componentes, uniones y detalles
- Especificaciones técnicas
- Material audiovisual

A.2. Aplicación del Sistema SICAC.

La primera aplicación del Sistema se hizo en el período Septiembre 1979-Septiembre 1981, en la construcción del Ciclo Básico Teresa Carreño (CBTC). El terreno, donado por el Ministerio de Educación (ME) a la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE), está ubicado en la Parroquia Santa Rosalía entre las Calles de Castán a Palmita y Cárcel a Monzón, con un área aproximada de 2.080 Metros cuadrados, un área de ubicación de la edificación de 1.360 metros cuadrados y un área de construcción de 4.970 metros cuadrados, distribuida en dos sectores de cuatro pisos cada uno.

La FEDE, adscrita al Ministerio de Desarrollo Urbano (MINDUR), actuó como cliente y promotor de la edificación CBTC. El financiamiento, tanto del proyecto como de la edificación, fue realizado por la FEDE estando bajo la responsabilidad de MINDUR la supervisión de la obra. El Proyecto fue desarrollado por el IDEC.

La edificación se ubica en un terreno estrecho del Centro de Caracas, entre construcciones aledañas, razón por la cual debía tener fachadas ciegas. Esta condición se aprovechó para incorporar al Sistema SICAC, en la

de paredes portantes en sustitución de los pórticos longitudinales. Estas paredes, además de servir de cerramiento, soportan los extremos de las vigas transversales y a su vez, resisten la acción de eventuales fuerzas horizontales longitudinales debidos al sismo.

Los elementos de la edificación que no corresponde al Sistema SICAC, fueron los siguientes:

La infraestructura de la edificación fue ejecutada en base a pilotes.

Para los cerramientos —exteriores e interiores— se utilizaron elementos prefabricados de concreto, tipo VIPOSA y ventanas vasculantes, tipo ALUDO.

La tabiquería de los sanitarios se realizó en mampostería.

Las instalaciones eléctricas, de gas y sanitarias, se diseñaron en función de los requerimientos de la edificación, y se ubicaron a la vista, colgadas de la estructura.

En un comienzo la FEDE realizó la contratación de las diferentes empresas que participaron en el proceso de trabajo de la obra por licitación. Posteriormente utilizó la modalidad de "Autorización" para la ejecución de las diferentes partidas, esto se debió a la falta de los requisitos mínimos (tres presupuestos) para someter a licitación.

Dadas las exigencias de la edificación, el promotor pensó que tener una mayor diversidad de contratistas ayudaba a acelerar el proceso de construcción, generando

la participación de veinte empresas en la obra, careciéndose de la debida coordinación entre los distintos procesos ejecutados.

La diversidad de las empresas participantes se agrupó en función del tipo de trabajo realizado dentro del proceso (Ver Cuadro N° 1), utilizando como base la documentación existente en los archivos de la FEDE, correspondiente a presupuestos, contratos de servicios, cuadro de cierre y valuaciones de obra de las diferentes partidas ejecutadas.

Para cada una de las empresas, se estableció su participación dentro del costo global de la obra —obra contratada, ajustes y obra ejecutada— y la partida (*) en el cual se ubica dentro de la misma. De la documentación en referencia se estableció la siguiente relación de costos:

—Costo de edificación (Incluye Proyecto)	2.847,78 Bs./m ²
—Costo de Construcción	2.782,60 Bs./m ²
—Costo de construcción sin gastos adicionales	2.267,24 Bs./m ²

* Se define como partida el conjunto de actividades que pueden denominarse en forma global dentro de la obra, por ejemplo: cerramientos, instalaciones sanitarias, etc.

EMPRESA	ACTIVIDADES	OBRAS CONTRATADA	AJUSTES	Unidad EJECUTADA	PARTIDAS
IDEC	Proyecto	323.958.01		323.958.01	Proyecto
MARPER	Pilota	321.630.00	30.778.50	352.408.50	Fundaciones y Estructura
MARPER	Fundac. y Estructura	3.206.943.13	1.008.970.03	4.215.913.16	
VARINUEVA	Escalones Escaleras	9.561.46		9.561.46	
VERMAY C.A.	Inst. Eléctricas	765.526.40	258.260.40	1.023.786.80	Inst. Eléctricas
VERMAY C.A.	Inst. Sanitarias	636.244.56	168.927.09	805.171.65	Inst. Sanitarias
	Incorporación Acued. InOS	77.300.00		77.300.00	
J. ABARCA	Inst. de Laboratorios	38.000.00		38.000.00	
VERMAY C.A.	Montaje Cerramientos	247.787.60	74.335.96	322.123.56	Cerramientos
ALUDO	Suministro y Montaje de Ventanas	247.813.36	66.800.80	314.614.16	
VIPOSA	Suministro Cerramientos	140.440.75	23.830.00	164.270.75	
VULKA PISOS	Albañilería	70.623.54	15.739.18	86.362.72	
CONSTRUCTORA PROYECTO 57	Albañilería	17.525.46	9.901.00	27.426.46	
INDUSTRIAS ELIECER	Puertas Metálicas	70.544.00		70.544.00	
IDEC	Piezas de Plástico	183.930.00		183.930.00	
ADOLFO DE LA ROSA	Inst. Cerramiento Escalera	2.465.22		2.465.22	
IMPERMEABILIZADORA URBIS	Paredes Azotea	10.817.60		10.817.60	
VULKA PISOS	Tapiquería Oficina	24.920.00		24.920.00	
SINYSIS	Cerramiento Biblioteca	26.462.95		26.462.95	
GOMA CARIBE	Suministro Goma Vulcanizada	1.163.250.00		1.163.250.00	Acabados y Complementarios
	Canchas, banos	132.128.00	20.109.60	152.237.60	
IMPERMEABILIZADORA URBIS	Impermeab. pisos, terrazas, canchas	287.285.00	49.270.00	336.555.00	
VULKA PISOS	Acabado de Piso	364.250.00	97.208.00	461.458.00	
CONSTRUCTORA OTONJURCA	Acabados	324.135.33	287.863.35	612.000.00	
CONSTRUCTORA KIMAS	Limpieza y remate estructura, portones, pedestales, escalera	170.943.75	57.861.00	228.804.75	
INDUSTRIAS ELIECER	Herrería de barandas y escaleras	66.365.00	9.561.40	75.926.40	
SINYSIS	Herrería	66.552.00		66.552.00	
INDUSTRIAS MINI	Herrería	52.777.45		52.777.45	
ESCUADRON SERV. GENERALES	Pintura y otros	43.799.92	30.000.00	73.799.92	
	Limpieza lámparas	7.535.00		7.535.00	
VERMAY C.A.	Obras Exteriores	620.481.92	187.543.54	808.025.46	Obras Exteriores
VULKA PISOS	Obras Exteriores	89.390.00	17.517.70	106.907.70	
ESCUADRON SERV. GENERALES	Jardinería	9.044.50		9.044.50	
GONZALEZ CARRASCO	Reparaciones de Viviendas y paredes laterales	1.244.372.03	597.60	1.243.864.23	Obras Adicionales
	Indemnización paralización de obra		104.704.00	104.704.00	
	Indemnización daños a terceros		1.123.024.29	1.123.024.29	
ANGEL ANGULO	Reparaciones antiguo "C.B.T.C."	62.889.06	13.052.86	75.941.92	
GUARDIANES DE VENEZUELA	Vigilancia	14.000.00		14.000.00	
TOTALES:		11.146.517.00	3.006.965.62	14.153.482.62	

Con la misma base documental, se agruparon los costos por partidas, lo que permitió establecer el peso porcentual de cada uno de ellos dentro de la totalidad de la obra, al igual que el número de empresas participantes en las diferentes partidas (Ver Cuadro N° 2 y Gráfico N° 1). Estas relaciones permitieron visualizar los siguientes aspectos.

Al costo por proyecto le correspondió el 2.29%, lo cual representa la incidencia más baja en el costo de la edificación, comparándolo con la otra edificación, de características similares en cuanto a su valor de uso, se observa un beneficio para el contratante por ser la incidencia media normal por el proyecto entre 6% y 8%.

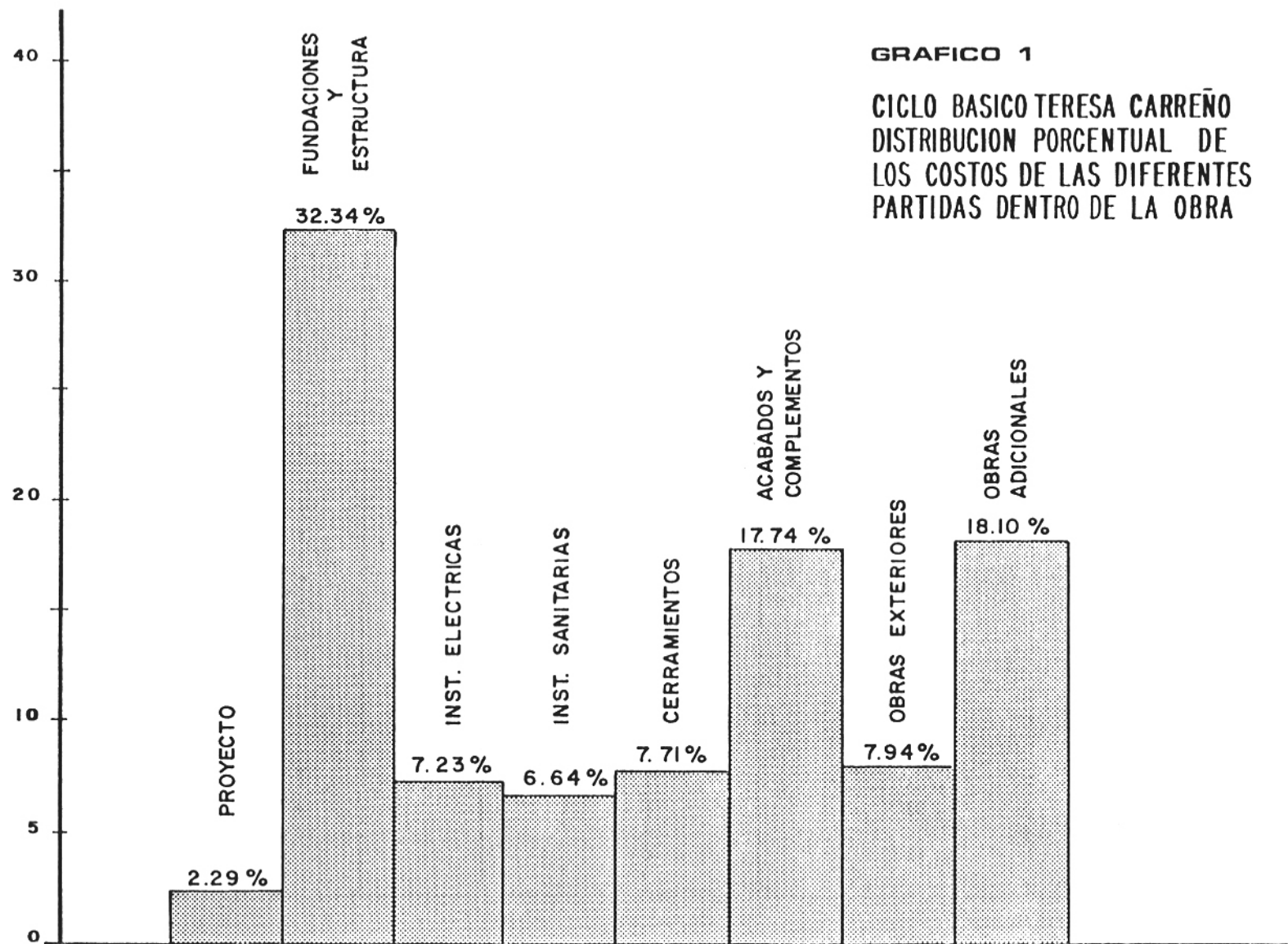
La incidencia más alta en el costo de la edificación CBTC, está representada por el 32.34% correspondiente a fundaciones y estructura. Para el análisis por partida no se pudo separar el costo de la infraestructura de la estructura, por cuanto en el contrato de la estructura se contempló una porción de la infraestructura.

Entre las partidas que tienen una influencia mayor del 10% en el costo total de la obra, está la correspondiente a obras adicionales, incluyendo gastos por indemnizaciones, vigilancia y reparaciones realizadas a las viviendas y paredes aledañas a la edificación, la cual genera un aumento del 18.10% en el costo de la edificación.

De la información analizada, también se obtuvo la incidencia de las empresas participantes en la construcción de la edificación (Ver Cuadro N° 3), esto permitió visualizar las distintas partidas en las cuales operan las empresas contratadas.

CUADRO N° 2
RELACION PORCENTUAL DE LOS COSTOS DE LAS
DIFERENTES PARTIDAS DENTRO DE LA OBRA

PARTIDAS	COSTO BS.	DISTRIB. % CON RESPECTO A LA OBRA GLOBAL
PROYECTO	323.958,01	2,29
FUNDACIONES Y ESTRUCTURA	4.577.883,12	32,34
INSTALACIONES ELECTRICAS	1.023.786,80	7,23
INSTALACIONES SANITARIAS	940.471,65	6,64
CERRAMIENTOS	1.090.607,44	7,71
ACABADOS Y COMPLEMENTARIOS	2.511.458,96	17,74
OBRAS EXTERIORES	1.123.977,66	7,94
OBRAS ADICIONALES	2.561.334,58	18,10
TOTALES	14.153.478,22	100,00



CUADRO N°. 3

INCIDENCIA DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES
DENTRO DE LA EJECUCION DE LA OBRA

EMPRESA	OBRA CONTRATADA Bs.	DIST. % POR EMPRESA DENTRO DE LA OBRA	Fund. y Estruct.	Inst. Elect.	Inst. Sanit.	Cerra- mientos.	Acab. y Complem.	Obras Exteriores.	Obras Adicionales
IDEC	183.930,00	1,53				*			
MARPER	4.568.321,66	33,03	*						
VERMAY C.A.	3.179.107,69	22,99		*	*	*		*	
J. ABARCA	38.000,00	0,27			*				
ALUDO	181.012,56	1,31				*			
VIPOSA	164.270,75	1,19				*			
VULKA PISOS	689.648,42	4,99				*	*	*	
CONSTRUCTORA PROYECTO 57	7.625,46	0,06				*			
IND. ELIECER	146.470,46	1,06				*	*		
IMPERM. URBIS	243.936,00	1,76				*	*		
CONSTRUCTORA OTONIORCA	36.311,98	0,26					*		
CONST. KIMAS	228.764,75	1,65					*		
SINYSIS	93.014,95	0,67				*	*		
IND. MINI	52.777,45	0,38					*		
ESCUADRON DE SERVICIOS	82.844,42	0,60					*	*	
GONZALEZ									*
CARRASCO	1.243.664,23	8,99							
VARINUEVA	9.561,46	0,07	*						
ADOLFO DE LA ROSA	2.485,22	0,02				*			
GOMA CARIBE	1.163.250,00	8,41					*		*
ANGEL ANGULO	75.942,06	0,55							*
Otros	210.853,40	1,52					*		*
TOTAL COSTO CONSTRUCCION	12.601.792,92	91,12							

OBSERVACION: El costo total de la obra es de Bs. 13.829.520,21
incluyendo los gastos por indemnización correspondientes al

El porcentaje de obra ejecutado por las Empresas MARPER (33,03%) y VERMAY C.A. (22,99%) corresponden el 56,02% de la construcción, mientras que en el 35,10% restante participaron 18 empresas.

Algunas partidas fueron realizadas por una sola empresa como fue el caso de las instalaciones eléctricas; en otras por el contrario se observó la participación de una diversidad de empresas, como por ejemplo en los cerramientos, acabados y complementarios.

A.3. Análisis del Proceso de Producción del Sistema SICAC.

El proceso de producción está referido en primer término a la edificación, y en segundo lugar al sistema estructural (SICAC) propiamente dicho.

A.3.1. La Edificación

La información utilizada para el análisis de la edificación fue suministrada directamente por el IDEC, a través de la documentación técnico-administrativa del proyecto y seguimiento de la obra.

En el programa de la obra representado en el Diagrama N° 1, se observa la secuencia de las actividades y el tiempo de realización programado y ejecutado.

Es importante señalar que la fecha prevista como inicio de las actividades del programa de trabajo fue modificada en varias oportunidades por los inconvenientes enumerados:

- Problemas con el colector interdominiario que atravesaba el terreno donde se construiría la edificación.
- Paralización de los trabajos que se realizaban para la construcción de las fundaciones, por las malas condiciones del terreno.
- Interrupción de los trabajos por derrumbe de la pared del lindero norte.
- Excavación excesiva por parte del contratista, lo cual modificó las condiciones iniciales del proyecto de fundaciones.
- Inconvenientes en la ejecución del relleno del terreno,

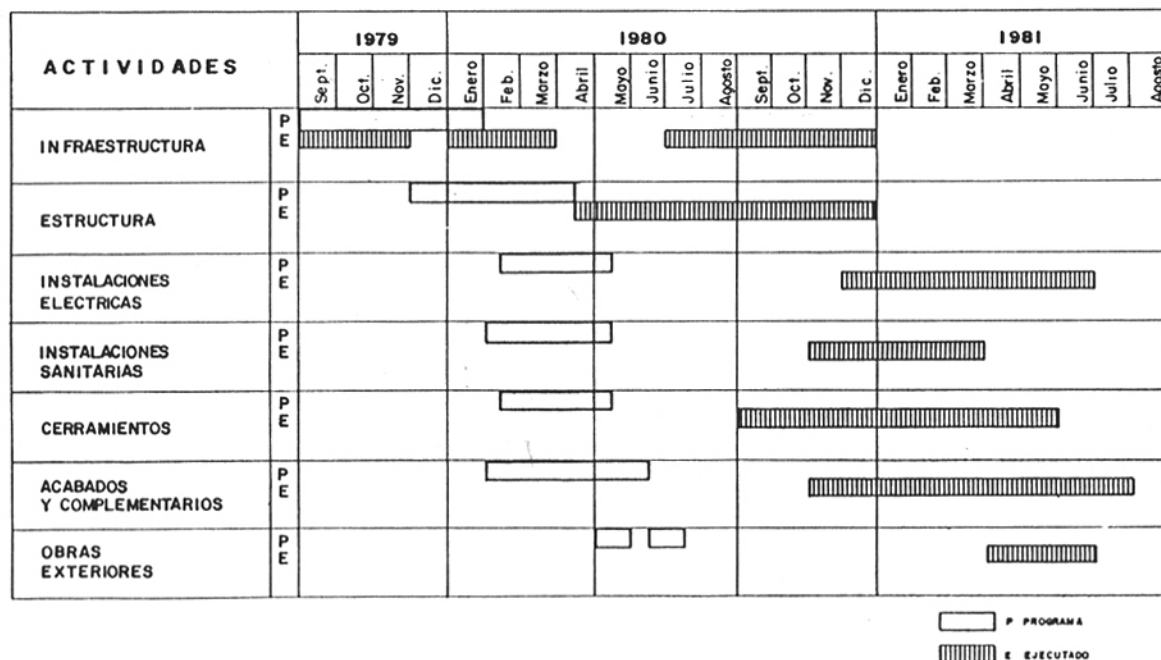
por no disponerse de un "préstamo" adecuado.

-Cambio en el proyecto de infraestructura para adaptarse a la nueva topografía del terreno, ya que el costo del relleno para conservar las condiciones iniciales resultaba elevado.

En el proceso de producción de la obra se contempla el análisis de los factores que intervienen en ella; fuerza de trabajo, maquinaria y equipo, materiales e insumos, así como la tecnología que define la intensidad con la cual intervienen cada uno de estos factores.

La fuerza de trabajo, constituida por la población mayor de 15 años con capacidad y disposición de trabajo, se utiliza en función directa de la diversidad de los insumos recibidos en la obra. La mano de obra utilizada en la construcción de la edificación CBTC, mostró un nivel medio de especialización técnica. A continuación, se muestra la mano de obra utilizada en algunas partidas consideradas, faltando por obtener información de la infraestructura y de las obras exteriores.

DIAGRAMA N° 1 - PROGRAMA DE LA OBRA



PARTIDA	MANO DE OBRA (1)	
	CALIFICADA	NO CALIFICADA
Estructura	1 Maestro de Obra 1 Gruero 1 Maestro Carpintero	5 Obreros 1 Ayd. de Carpin- tería
Instalaciones Sanitarias	1 Técnico 1 Maestro	7 Obreros
Instalaciones Eléctricas	1 Oficial	4 Obreros
Cerramientos	2 Maestros	14 Obreros
Acabados y Complementarios	1 Maestro Carpintero 1 Maestro	13 Obreros

(1) No se obtuvo ninguna información referente al gasto pagado en mano de obra.

La fuerza de trabajo adicional, conformada por el ingeniero inspector y el ingeniero asistente, ambos de MINDUR, encargados de la inspección de la obra, deberá tomarse en consideración para el análisis de la cuantía del capital variable utilizado.

Las maquinarias y equipos utilizados en el proceso fueron en su mayoría para la ejecución de la partida correspondiente a estructura:

Grúa telescópica sobre camión marca LORAYN MC 25 con capacidad nominal de 22,5 toneladas métricas, alquilada a un costo de 2.400 Bs. /día. Utilizada para el montaje de la estructura prefabricada.

Gandolas con capacidad máxima de 35 toneladas, alquiladas a un costo de 2.000 Bs./día. Utilizadas para el transporte de componentes estructurales desde la planta de prefabricación al sitio de la obra.

Andamios colgantes móviles, utilizado para el trabajo de armado y encofrado de las juntas verticales entre muros. Equipo propiedad de la empresa contratista Trompo para el mezclado del concreto.

A.3.2. La Estructura

El análisis del proceso de producción de la estructura está basado en la documentación recopilada directamente de la planta de prefabricación (sub-contratista) y del IDEC, a saber:

- Producción de la estructura prefabricada

- Seguimiento de la obra

- Documentación técnico-administrativa del proyecto.

Previo a la construcción de la edificación se realizó un prototipo de dos módulos, de 7,20 m. x 7,20 m. en planta y de un piso de altura, el cual permitió realizar ajustes en los medios de producción y del proceso de montaje.

La producción de los componentes estructurales se realizó en planta fija, debido a las limitaciones de espacio encontradas en el terreno, por cuanto la edificación ocupada el 90% del área; en otras condiciones la producción de los componentes puede realizarse a pie de obra.

La empresa sub-contratada, PRECAST DE VENEZUELA, C.A., ubicó la planta de prefabricación en San Sebastián, estado Aragua, y la instalación la realizó en un lapso de tres meses, con una capacidad promedio de producción de 50 m²/día de estructura.

La maquinaria y el equipo utilizado en el proceso estuvo constituido por una grúa, una dosificadora, cuatro encofrados metálicos para columna, nueve encofrados de concreto para vigas, dieciocho encofrados metálicos sobre pistas en concreto para losas y muros.

En este proceso se estudió la distribución de la producción de los componentes estructurales (Ver Cuadro N° 4) obteniéndose una producción total de 1.093,73 m³ para los 1.380 componentes estructurales utilizados en la edificación, durante el lapso de 8 meses (Febrero/Septiembre).

Es notorio observar que durante el primer mes, la producción alcanzó el 20,70% de la producción total; mientras que a un ritmo promedio de producción de 11,39% se cubre el 79,30% restante, en un período de 7 meses.

CUADRO N° 4

FUENTE: PLANTA DE PRODUCCION
Cálculos propios.

DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES

AÑO 1980 MESES	COMPONENTES								DISTRIBUCION % CON RESPECTO A LA PRO- DUCCION TOTAL.
	COLUMNA CAPITEL	VIGA	VIGA 7,20m.	LOSA CAPITEL	LOSA VIGA	LOSA BORDE	MURO	PRODUCCION m ³ /mes	
Febrero	42	18		25	133	8	41	226,45	20,70
Marzo	12	13		27	49	9	36	118,02	10,79
Abril		40		25	64	26	32	143,21	13,09
Mayo	4	20		27	76	27	34	145,83	13,33
Junio	17	20	15	13	48	17	11	108,26	9,90
Julio	22	40	33	9	32	12	8	116,57	10,66
Agosto	40	16		13	40	12	44	134,21	12,27
Septiembre	23	4		6	35	19	43	101,19	9,26
TOTALES	160	171	48	145	477	130	249	1.093,73	100,00

Analizando el plan de producción inicial de los componentes estructurales (Ver Cuadro N° 5), y tomando como base el tiempo promedio de elaboración de las componentes establecido por la Empresa sub-contratada, el cual fue 2.7 meses, obtenemos un ritmo de producción de 392,61 m³/mes. En la realidad, la elaboración de los 1.380 componentes, se realizó en un período de 8 meses para producir 1.093,73 m³.

FUENTE: Empresa Contratista Marper
Cálculos propios.

CUADRO N° 5

**PLAN DE PRODUCCION INICIAL DE LOS
COMPONENTES PREFABRICADOS**

COMPONENTES	PESO (Kg.)	ENCOFRADOS	TIEMPO (días)	TOTAL COMPONENTES	VOLUMEN (m3)
COLUMNA CAPITEL	2.200	4	40	160	148,00
VIGA 7,20 m. (Cap. Cap.)	1.850	4	4	16	12,29
VIGA 7,20 m. (Cap. Muro)	1.850	4	39	156	119,81
VIGA 5,40 m.	1.360	1	48	48	27,12
LOSA CAPITEL	1.950	3	48	144	116,64
LOSA VIGA	2.140	8	56	448	400,06
LOSA MURO	960	3	43	128	51,58
MURO	1.850	4	60	240	184,56

TOTAL

1.060,06

En este proceso de producción se observaron demoras debido a la escasez de insumos (cemento) en la zona, y no por aspectos inherentes al sistema estructural.

Con respecto a la recuperación del capital invertido por la Empresa subcontratada (PRECAST DE VENEZUELA C.A.) en la producción de los componentes prefabricados, se solicitó realizarlo no en función del montaje en obra, sino del volumen producido en planta; por cuanto se llegó a la situación de haberse producido un 80% del total de los componentes a utilizarse, y los requerimientos del proceso de montaje demandaban el 20% del 80% producido, quedando el resto en depósito. Ante esta situación, la FEDE le reconoció a la Empresa Contratista (MARPER) un pago equivalente al 35% de la producción.

En el estudio del montaje de la estructura para el edificio CBTC, se consideraron las siguientes variables:

- Disponibilidad de áreas para el depósito de los componentes prefabricados en sitio.
- Maniobrabilidad de las diferentes grúas existentes en el mercado.
- Factibilidad de suministro de los componentes diariamente.

De la evaluación de estos tres aspectos se llegó a desarrollar una alternativa que permitió la simplificación de las etapas de montaje; siendo los elementos de la alternativa los siguientes:

-Utilización de una grúa telescópica sobre camión con capacidad nominal de 22.5 toneladas métricas.

-Montaje por bloques verticales, para la cual se definieron en la edificación ocho zonas.

-El montaje se realizó en forma escalonada, manteniendo la grúa en posición fija para cada bloque.

-Con respecto al suministro de los componentes desde la planta de prefabricación a la obra, hubo que coordinar su envío en función de los requerimientos del montaje, debido a la falta del área necesaria para el almacenaje de un volumen mayor de competentes. Inicialmente esta coordinación no se cumplió, causando retardos en el proceso de montaje.

Por disponerse de una sola vía de acceso para la entra-

da y salida de los materiales y maquinarias, no hubo posibilidad de tener dos frentes de trabajo para realizar paralelamente el montaje en los dos sectores de la edificación.

Esta condición fue impuesta básicamente por el terreno, ya que la empresa tenía capacidad técnica para afrontar una mayor productividad en el montaje.

-Estimación de una capacidad de montaje de 60 m²/día
Por medio de visitas a la obra, el IDEC realizó un se-

guimiento del montaje de la estructura con el uso de planillas de rendimiento, en las cuales se incluyó la cantidad de obra ejecutada, personal y tiempo empleado para cada una de las actividades definidas en el seguimiento, tipo de maquinaria utilizada, insumos, días no trabajados y observaciones del montaje. A continuación se muestra un resumen de algunos de los aspectos considerados:

MANO DE OBRA	1 Maestro de obra 1 Gruero 1 Maestro-Carpintero 1 Ayudante de Carpintería 5 Obreros
MAQUINARIA Y EQUIPOS	1 Grúa Telescópica sobre camión Gandolas Andamios Colgantes Móviles 1 Trompo
TIEMPO DE MONTAJE POR COMPONENTES	Columna 20 minutos Muro 20 Minutos Viga 6 Minutos Losa 4 Minutos

Luego se estudió la distribución del montaje de los componentes estructurales (ver Cuadro N° 6 y Diagrama 2), obteniéndose un rendimiento bajo en los tres primeros meses, debido a:

Retardo en el suministro de los componentes estructurales, así como, la no previsión en la adquisición de los materiales de construcción (cabillas, mallas, madera).

Falta de coordinación en la secuencia de entrega de los componentes transportados a la obra y su requerimiento en el proceso de montaje.

No se previó en el montaje de los componentes el tiempo utilizado en encofrar, armar y vaciar las juntas entre ellos.

No se previó el tiempo de remoción y compactación del área donde se ubicaba la grúa.

CUADRO N° 6
DISTRIBUCION DEL MONTAJE DE LOS
COMPONENTES ESTRUCTURALES

FUENTE: Seguimiento en obra realizado por el IDEC
Cálculos Propios.

AÑO 1980 MES	SEMANAS	COMPONENTES							TOTAL COMPONENTES	DISTRIB. % CON RESPECTO AL TOTAL
		COLUMNA CAPITEL	VIGA 5,40m.	VIGA 7,20m.	LOSA CAPITEL	LOSA VIGA	LOSA BORDE	MURO		
Abril	3	4		7	3	15	4	25	58	4,5
Mayo	4	8		13	6	26	12	22	87	6,3
Junio	4	13		19	9	35	18	47	141	10,22
Julio	5	21	2	40	21	82	36	41	243	17,61
Agosto	4	38	10	30	33	89	15	27	242	17,54
Septiembre	4	36	16	24	27	90	16	39	248	17,97
Octubre	5	36	18	30	38	108	21	42	293	21,23
Noviembre	1	4	2	8	8	32	8	6	68	4,93
TOTALES	30	160	48	171	145	477	130	249	1.380	100,00

DIAGRAMA Nº 2 - PROGRAMA DE MONTAJE

ACTIVIDADES		1981																																				
		Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Sept.				Oct.				Nov.								
		-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
MONTAJE ZONA 1 SECTOR 001	P E																																					
MONTAJE ZONA 2 SECTOR 001	P E																																					
MONTAJE ZONA 3 SECTOR 001	P E																																					
MONTAJE ZONA 4 SECTOR 001	P E																																					
MONTAJE ZONA 5 SECTOR 002	P E																																					
MONTAJE ZONA 6 SECTOR 002	P E																																					
MONTAJE ZONA 7 SECTOR 002	P E																																					
MONTAJE ZONA 8 SECTOR 002	P E																																					

 P PROGRAMADO

 E EJECUTADO

A. 4. Consideraciones Generales y Recomendaciones del Sistema SICAC.

En el desarrollo del trabajo se han incluido una serie de observaciones que constituyen parte de las conclusiones, sin embargo, pueden complementarse diciendo:

1. La consideración de la edificación Ciclo Básico Teresa Carreño, como un prototipo permitió ensayar, estudiar y realizar ajustes necesarios al Sistema SICAC, con el fin de optimizar su producción en serie a mediano plazo. Las modificaciones realizadas durante el proceso de trabajo de la obra, permitieron lograr los objetivos inicialmente planteados para el sistema.

2. La coordinación de la edificación CBTC, se vio negativamente afectada por la falta de planificación de las actividades por parte de los contratistas y del cliente, sumado a esto la cantidad de empresas participantes. Por lo tanto, es importante la ejecución organizada de los trabajos a través de la coordinación de las obras, lográndose así, la maximación y optimización del uso de los recursos.

3. El análisis realizado sobre el sistema estructural, nos plantea la necesidad de desarrollar los otros componentes del sistema, como son los cerramientos y las instalaciones. De igual forma, es necesario elaborar los manuales, instructivos y catálogos correspondientes, que constituyen el paquete del sistema constructivo a ser utilizado en forma global.

4. Con respecto a la producción de los componentes estructurales, se plantea:

Es recomendable la utilización de encofrados de concreto para la producción de vigas. Sin embargo, deben tomarse las previsiones contra el desgaste de los encofrados, tales como la utilización de recubrimientos epóxico y aristas biceladas, obteniéndose así, un mejor acabado de los componentes.

Es necesario establecer un control de calidad en los encofrados de las losas, especialmente en las piezas de unión y de fijación, a fin de garantizar la geometría del componente, por cuanto el deterioro sufrido en su uso, ocasiona variaciones en la longitud de las losas,

dificultando las tolerancias previstas para el proceso de montaje.

El sistema está constituido por losas de 1,80 mts. de ancho y las mallas de acero existentes en el mercado tienen un ancho de 2,40 mts., diferencia que se traduce en una subutilización del material de acero, por lo cual se recomienda estudiar el redimensionado de las losas.

La fijación de los encofrados para las columnas se realizó mediante uniones atornilladas, lo cual trajo como consecuencia el escape del carato a través de las mismas, por lo tanto se recomienda diseñar los encofrados con uniones rígidas.

5. En el transporte de los componentes estructurales, desde la planta de prefabricación hasta el sitio de la obra, es preciso considerar varios aspectos:

El embarque de los componentes en la gandola debe ser cuidadoso para evitar su deterioro.

Las losas de ancho 1,80 mts. traen como consecuencia la subutilización de la capacidad de la gandola, la cual tiene un ancho de 2,50 mts., por lo tanto se recomienda realizar un ajuste en las dimensiones del componente.

La capacidad de la gandola es de 35 toneladas, lo cual limita a 12 unidades el transporte de las columnas-capitel. Es aconsejable reducir las dimensiones del capitel, aumentando la efectividad del uso de la gandola.

6. Con respecto al proceso de montaje del sistema estructural, tenemos:

Debido a las irregularidades en el acabado y a la falta de horizontalidad en la base de la columna, se presentaron inconvenientes con la nivelación de los componentes, debiendo ésta realizarse con la ayuda de tacos de madera. Se recomienda un mayor control en el encofrado y en el manejo de las piezas, para evitar el deterioro.

En el proceso de montaje se observaron inconvenientes para la colocación y nivelación de los muros, debido a la interferencia de los aceros salientes del componente, a la diferencia en las dimensiones del componente y a las limitaciones características del terreno.

Es importante señalar que la incorporación del componente muro como parte del sistema, obedeció circuns-

tancialmente a la existencia de fachadas ciegas en la edificación. Es recomendable para futuras proyectos con el sistema estructural SICAC, prever terrenos no colindantes a otras construcciones, por cuanto no se utilizaría el componente muro, lo cual redundaría en la eficiencia del sistema.

Es recomendable que el vaciado del "topping" para la nivelación del piso de 3 cm. para cubrir las irregularidades en la superficie de la losa.

Se propone estudiar la posibilidad de cambio de modulación del sistema a 7,20 m. x 7,20 m., así como el ajuste de las dimensiones de las losas; con lo cual se disminuye la cantidad de componentes por módulo y por ende, el número de operaciones en el proceso de montaje.

B.1. Criterios y Características del Sistema SIEMA

B.1.1. Criterios del Sistema

El desarrollo del sistema constructivo SIEMA, tiene su origen en el proyecto de investigación CONICIT-IDEDEC-CLASP (1), realizado por un equipo multidisciplinario, durante el período marzo 1978-noviembre 1979.

Uno de los objetivos fundamentales de este proyecto, fue el de diseñar un sistema constructivo industrializado para edificaciones educacionales y comunales, incorporando la transferencia de la tecnología y los procedimientos administrativos.

Se establecieron para ello cinco fases de acción:

1. Análisis de la información existente en cuanto a la normalización de edificaciones educacionales en Venezuela(*)

2. Desarrollo de un sistema constructivo industrializado y negociación con productores nacionales (*).

3. Construcción de dos prototipos que constituyen una Escuela Básica Experimental para 420 alumnos, ubicada en Guarenas, estado Miranda.

—El primero, con tecnología externa, construida con componentes importados del sistema CLASP, aloja un pre-escolar para 60 alumnos y una primaria para 240 alumnos.

—El segundo, con tecnología interna, construido con

(1) Proyecto auspiciado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), realizado por el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEDEC), en colaboración con el Programa Especial del Consorcio de Autoridades Locales (CLASP) de la Gran Bretaña y con la participación del Ministerio de Educación (ME), del Ministerio de Desarrollo Urbano (MINDUR), del Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI) y la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE).

(*) Información tomada de: Segundo Foro Internacional CLASP, Lisboa, 18 al 22 de Mayo de 1981, ponencia de la delegación venezolana (Profesores: Alfredo Cilento S. y Gustavo Flores M.).

componentes del nuevo sistema del ciclo básico.

4. Programa de entrenamiento por un año para dos profesionales del IDEDEC en la sede del Grupo de Desarrollo del CLASP en Gran Bretaña, como parte del acuerdo de transferencia de información tecnológica. Realizado entre 1978-1979.

5. Diagnóstico de la situación actual de la producción de edificaciones educacionales en Venezuela y proposición de una alternativa de los procesos de diseño y construcción de dichas edificaciones.

B.1.2. Características del Sistema.

El Sistema SIEMA es un método de construcción basado en el ensamblaje in situ de componentes estandarizados producidos industrialmente por distintos fabricantes.

Para garantizar la adecuada flexibilidad en el diseño, los componentes están coordinados dimensionalmente mediante un sistema de retículas.

USO:

—Edificaciones educacionales y asistenciales

MATERIAL:

—Acero y losa de concreto

Especificaciones PS-25 (perfiles)

SIDOR CS-28 (cabillas)

$f'c = 250 \text{ Kg./cm}^2$ (concreto)

MODULO DE DISEÑO:

—0,60 m. x 0,60 m.

MODULO ESTRUCTURAL:

—7,20 m. x 3,60 M.

7,20 m. x 2,40 M.

LUCES:

—Principal (de carga): 7,20 m. - 5,40 m. - 3,60 m. 2,40 m. - 1,80 m.

—Secundaria: 3,60 m. - 2,40 m.

NUMERO DE PISOS:

—De uno a tres pisos

ALTURA DE ENTREPISO:

—3,15 m. para una altura libre de 2,40 m.

COMPONENTES ESTRUCTURALES

—Columna tubular cuadrada. Existen cuatro tipos

—Cerchas conformadas por angulares y cabillas.

Existen ocho tipos, de acuerdo a la luz y a la función.

—Cruces de San Andrés conformadas por cabillas. Existen dos tipos.

—Losa de concreto armado, de espesor 10 cm., vaciada in situ con la utilización de lámina metálica como encofrado colaborante.

—Escalera de dos tramos, conformada por una estructura metálica con escalones compuestos por una formleta metálica y concreto. Pueden ubicarse tanto en el interior como en el exterior de la edificación.

UNIONES:

—Apernadas y soldadas

Pernos A-308

Soldaduras E-60 XX

MAGNITUD DE LOS COMPONENTES:

—Elemento más grande: 7,20 m x 0,60 m.

—Elemento más pesado: 208,40 Kg.

SOBRECARGAS:

—Entrepliso

Carga viva: 300 Kg./m²

Acabado de piso: 80 Kg./m²

Tabiquería liviana: 50 Kg./m²

Servicios: 35 Kg./m²

—Techo

Carga Viva: 100 Kg./m²

Impermeabilización: 50 Kg./m²

SISTEMA RESISTENTE A CARGAS VERTICALES:

—Las cargas son soportadas por losas trabajando a flexión en una dirección y transmitidas a través de las estructuras articulada (cerchas de cargas y columnas) a las fundaciones.

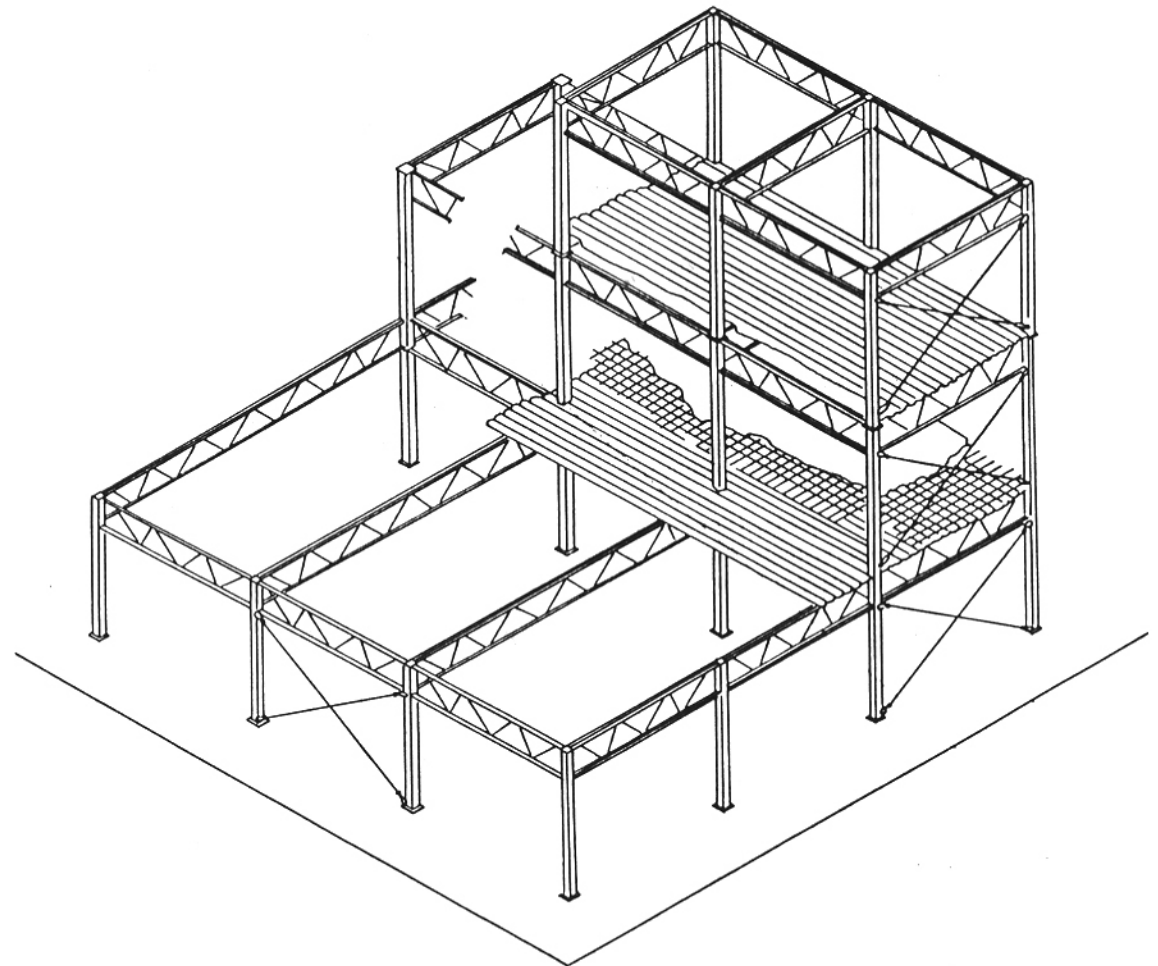
SISTEMA RESISTENTE A CARGOS HORIZONTALES:

—Columnas tubulares y cruces de San Andrés.

—La separación de las columnas de fachada, así como los espacios donde se ubican los arriostres, deberán ser siempre igual o menor a 3,60 m. La cantidad de arriostres dependerá del análisis sísmico de cada

B _ SISTEMA DE ESTRUCTURA METALICA APERNADA

• SIEMA •



edificación.

PESO DEL ACERO:

—16,22 Kg./m²

PROCESO DE PRODUCCION:

—Los componentes de acero se producen en talleres metalmeccánicos medianamente especializados.

PROCESO E MONTAJE:

—Consta de las siguientes etapas:

-Ejecución de las obras de infraestructura de acuerdo a las características del terreno. Es importante prever las aberturas correspondientes para la fijación de los anclajes.

-Colocación de las columnas de planta baja.

-Colocación de las cerchas del primer piso,

-Colocación del encofrado metálico, lámina de borde y vaciado del concreto, para la losa del primer piso.

-Colocación de cerchas del segundo piso.

-Colocación columnas del tercer piso

-Colocación del encofrado metálico, lámina de borde y vaciado del concreto, para la losa del segundo piso.

-Colocación de la losa de techo o cubierta.

-Colocación de las arriostres para la rigidización de la edificación.

CERRAMIENTOS:

—El sistema de cerramientos no está incluido dentro del sistema. Puede utilizarse cualquier tipo de tabiquería liviana existente en el mercado.

INSTALACIONES:

—Se diseñarán en forma convencional y se colocarán a la vista.

El espacio correspondiente a la altura de la cercha puede ser utilizada para el paso de las instalaciones.

DOCUMENTACION DEL SISTEMA: (*)

—Memoria Descriptiva

—Catálogo de componentes, detalles y uniones

—Especificaciones técnicas.

B.2. Aplicación del Sistema SIEMA

La primera aplicación del sistema se realizó durante el período 1980-1982 con la construcción de la Escuela Básica Experimental de Guarenas, en un terreno ubicado en esa misma localidad. El terreno, donado por el Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI), tiene un área aproximada de 7.000 metros cuadrados, en el cual se ubican varias edificaciones para un total de 2.740 metros cuadrados de construcción. Una de estas edificaciones constituye el prototipo del Sistema SIEMA, la cual cuenta con un área de construcción de 1.010 metros cuadrados, desarrollada en dos niveles.

En la construcción de la edificación prototipo se utilizaron elementos que no forman parte del Sistema SIEMA, los cuales se describen a continuación:

—La infraestructura se ejecutó en base a una losa de fundación corrida, de quince centímetros de espesor.

—En la construcción de la losas de techo y entrepiso, se utilizaron semilosas prefabricadas tipo OMNIA, y un vaciado en sitio.

—En los cerramientos internos y externos, se utilizó el sistema IMPAC-PANEL, cuyos componentes están constituidos por un relleno de poliestireno y malla de alambre por ambas caras, recubiertas con una capa de mortero. En los cerramientos de los sanitarios se utilizó mampostería.

En una primera fase de construcción, el Ministerio de Desarrollo Urbano (MINDUR), actuó como promotor y se hizo cargo de la obra, posteriormente fue comisionada la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE), quien actuó como cliente y promotor.

Para la construcción de la edificación, la FEDE realizó la contratación de las empresas constructoras, bajo condiciones de contrato fijo.

En el proceso de trabajo de la obra se observó una descoordinación en la realización de las diferentes actividades, motivada tanto por la desorganización interna de las empresas participantes, como por la falta de un plan general de obra por parte del promotor.

Tomando como base la documentación contentiva en los archivos de la FEDE, correspondiente a contratos de servicio, presupuestos y valuaciones de obra, se procedió a la determinación, por una parte, de los costos de la edificación prototipo, y por la otra de los costos de la infraestructura y del sistema estructural SIEMA.

Una vez clasificada la información en referencia, se obtuvieron los costos por partida de la edificación, los cuales se anexan a continuación:

PARTIDAS	COSTO BS. (1)
Obras preliminares y movimiento de tierra	105.153,74
Obras de Concreto y refuerzo metálico	525.316,28
Instalaciones Eléctricas	157.593,78
Instalaciones Sanitarias	193.379,50
Estructura metálica (suministro y montaje;	404.401,40
Impermeabilización	92.254,03
Obras varias y ornamentos	24.596,44
Cerramientos, tabiquería	291.860,90
Revestimientos y acabados	439.113,43
Herrería y latonería	69.897,93
	2.303.562,27

De los resultados obtenidos en las distintas partidas de obras globales de la edificación prototipo, se extrajeron los costos de las actividades contenidas en la infraestructura y estructura. Estos costos están referidos al proceso de producción, suministro y montaje de los componentes del sistema.

(*) Ute W. de Romero, Análisis del Proceso de Trabajo en la Escuela Experimental de Guarenas —Sistema Constructivo VEN-UNO- IDEC-FAU-UCV, Caracas, Junio 1982.

(*) Localizada en los Archivos del IDEC.

PARTIDAS

Movimiento de tierra
Obras de concreto y refuerzo
metálico en la losa de fundación,
entrepiso y techo
Estructura metálica
Impermeabilización

COSTO Bs.

96.989,21

525.316,28

404.401,40

92.254,03

Obteniéndose un costo de construcción para la estructura SIEMA de 1.011,85 Bs/m², y un costo total de la edificación de 2.280,75 Bs./m².

De la información analizada se obtuvieron las diferentes actividades de las empresas participantes en la construcción de la edificación (VER CUADRO N° 7).

Se observó la realización de algunas actividades por una sola empresa, como fueron los casos de obras preliminares, obras de concreto, impermeabilización

entre otras; y en otras por el contrario se observó la participación de varias empresas como por ejemplo en los cerramientos e instalaciones sanitarias.

La segunda aplicación del Sistema SIEMA, se realiza en la construcción de la Sede del Banco del Libro "Centro Bibliotecario Andrés Bello". Edificación desarrollada en tres pisos, para un área aproximada de construcción de 1.500 metros cuadrados. La construcción de esta edificación se inició en Agosto de 1984.

EMPRESA	ACTIVIDADES									
	OBR. PREL. Y MOV. DE TIERRA.	OBR. DE CONCRETO Y REF. METALIC.	INSTALACION ELECTRICA.	INSTALACION SANITARIA.	ESTRUCTURA METALICA.	IMPERMEABILIZACION.	OBR. VARIAS Y ORNAMENTOS.	CERRAMIENTOS	REVESTIMENT. Y ACABADOS	HERRERIA Y LATONERIA.
IMGECIL	*	*	*	*	*					
CONREMI			*	*	*	*	*	*	*	*
FELIPE SOJO							*			
MOINCA				*						
K.S.K.										
SINYSIS								*		*

CUADRO N° 7
ACTIVIDADES POR EMPRESA EN LA
EDIFICACION PROTOTIPO SIEMA. (1)

(1) ROMERO, Op. cit.

B.3 Análisis del Proceso de Producción del Sistema SIEMA.

El Proceso de producción se referirá en primer lugar a la edificación prototipo, y luego a la infraestructura y estructura SIEMA.

B.3.1. Edificación Prototipo.

La base documental obtenida en la FEDE utilizada para el análisis del proceso de producción de la edificación, no permitió la desagregación en los factores mano de obra, equipos, maquinarias e insumos, razón por la cual se dificultó la determinación de la cuantía de los mismos, sin embargo, podemos incluir algunos comentarios al respecto.

La mano de obra utilizada en la ejecución de la edificación prototipo fue muy diversa, variando en función de las diferentes actividades. Para los efectos del análisis, se desconoce, la cantidad y calificación de la fuerza de trabajo empleada y por lo tanto, su costo.

Igualmente se desconoce la información detallada de los equipos y maquinarias utilizadas por las diferentes empresas para la ejecución de cada una de sus actividades. Pero en términos generales podemos mencionar que para algunos trabajos como excavaciones, vaciados de placas, cerramientos, y acabados entre otros, se requirieron los siguientes equipos, grúa HYCO con cauchos, tractor, trompo para el mezclado del concreto, vibradores de mano y algunas herramientas.

B.3.2. Infraestructura y estructura SIEMA

La información utilizada para el análisis del proceso fue obtenida del seguimiento de obra. En el Cuadro N° 8 se desglosan los factores del proceso de trabajo fuerza de trabajo, maquinarias equipos y herramientas, materiales e insumos— para cada actividad, así como el tiempo de ejecución de las mismas.

En el programa de obra representado en el Diagrama N° 2, se observa la secuencia de las actividades y el tiempo de realización programados y el ejecutado.

Analizando el Diagrama podemos observar que la duración total de la obra fue de 9.5 meses, en el cual se incluye un período de inactividad de 4 meses, para un total de tiempo real de trabajo de 5.5 meses. Esto demuestra una pérdida del 42% del tiempo de ejecución, lo cual incide directamente en un incremento del costo, debido a la subutilización de la mano de obra y equipo contratados.

B.4. Consideraciones generales del Sistema SIEMA.

En el desarrollo de este trabajo se incluyen observaciones que constituyen parte de las conclusiones. No obstante puede agregarse lo siguiente:

—Los lineamientos estructurales utilizados en el desarrollo del Sistema SIEMA, se fundamentaron en la incorporación de transferencia de tecnología, utilizando insumos nacionales. La primera aplicación del Sistema, en la Escuela Básica Experimental de Guarenas —EBEG—, considerada como prototipo, permitió ensayar y realizar los ajustes requeridos al Sistema

SIEMA, para su mejor efectividad en próximas aplicaciones.

—La falta de planificación del proceso de producción repercutió negativamente en la optimización de los recursos utilizados; situación manifiesta en el aprovechamiento de sólo el 58% del tiempo total de ejecución, para el montaje de la estructura.

—El costo global de la edificación EBEG, se vio afectado en un sobre costo generado por los inconvenientes afrontados en la obra, entre otros:

-Falta de coordinación entre las actividades que realizaron los diferentes contratistas, ocasionaron solape de actividades que debieron estar desfasadas en el tiempo.

-Falta de inspección en la obra, que permitiera tomar decisiones a la prontitud requerida.

-Inexactitud en la ejecución de algunas partidas —e.j. nivelación de la losa de fundación— ocasionó un aumento en el volumen de obras en otras —nivelación del acabado de piso—.

La segunda aplicación del Sistema SIEMA, se está realizando, actualmente, con la construcción de la Sede Centro Andrés Bello para el Banco del Libro; edificación de 1.500 metros cuadrados.

CUADRO N° 8

RESUMEN DE LOS FACTORES DEL PROCESO DE TRABAJO Y TIEMPO
en la ejecución de la infraestructura y estructura (1)

(1) ROMERO, Op. Cit.

FASES DE DESARROLLO	ACTIVIDADES	FECHA INICIO	FACTORES DEL PROCESO DE TRABAJO			TIEMPO E INCIDENCIA (días háb.)
			FUERZA DE TRABAJO	MAQUINARIAS Y EQUIPO HERRAMIENTAS	MATERIALES E INSUMOS	
EXCAVACION 1	Nivelación	21.10.80	1M. Obra 2 obreros	Método Manguera		8 6,67%
	Excavación y rasante		1 operador 3 chof., camión 1M. Obra 6 obreros	1 retroexcavador 3 cam. 18m3 c/u. 4 picos, palas pisón, guías.		
	Replanteo		1 fotógrafo 2 asistentes	1 Teodolito Miras, Jalones		
LOSA FUNDACION 2	Vaciado concreto Pobre, excavación	31.10.80	1M. obra 2 albañiles 5 obreros	1 Mezcladora palas, cepillos vibrador.	Concreto, acero de refuer- zo.	41 34,16%
	Replanteo e Instalaciones Sanitarias		1M. obra 1 plomero 2 albañiles 4 obreros 3 obreros	Calafateador Cinzel Martillos Cucharón		
	Encofrado losa fundación, mallas y refuerzos		5 obreros	Listones madera estacas, cerruchos, mar- tillo, nivel de burbuja, etc.		
	Vaciado de losa		12 obreros	Camión motor bomba, regla vi- bradora, vibrador de mano, palas.		
ANCLAJES 3	Abertura de bucos a losa, ubicación anclajes	30.01.81	5 obreros	Compresores eléc- tricos, cinzel, martillos, picos, etc.	Acero (91 unidades)	16 13,33%
	Replanteo		1 fotógrafo 2 ayudantes	Teodolito miras		
	Nivelación y colocación de columnas		5 obreros	Aparato de nivel miras, llaves, etc.		
COLUMNAS CERCHAS TENSORES 4	Nivelación y colo- cación de columnas Cerchas y tensores	09.03.81	5 obreros	(Grúa Hyco) guayas, perro palanca.	Componentes de acero (91 Unds.) (1.010m2)	17 14,17%
LOSAS 5	Montaje de losas OMNIA	21.04.81	5 obreros	Grúa Hyco guayas, perros palancas.	Concreto acero de refuerzo (1.010 m2)	30 25,00%
	Apuntamiento, colo- cación, conectores y malla en losas		3 obreros	Puntal hierro madera, nivel		
FLASHING 6	Colocación de flashing techo y entrepisos	12.06.81	1 soldador 1 ayudante	Máquina soldadora	Lámina metálica.	8 6,67%

FUENTE: FEDE
"El Mundo" y "El Comercio"

TOTAL
DÍAS HÁBIL
(PARA LA OBRERA)

120