

**COMPARACIÓN DE COSTOS DE ESTRUCTURA ENTRE LOS  
SISTEMAS TUNEL Y TRADICIONAL EN ZONAS DE ALTO RIESGO  
SISMICO**

**LUIS ENRIQUE AGUAS TRIANA  
JOSE PABLO PEDRAZA SERRANO**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2005**

**COMPARACIÓN DE COSTOS DE ESTRUCTURA ENTRE LOS  
SISTEMAS TUNEL Y TRADICIONAL EN ZONAS DE ALTO RIESGO  
SISMICO.**

**LUIS ENRIQUE AGUAS TRIANA  
JOSE PABLO PEDRAZA SERRANO**

**Tesis de grado en la modalidad de investigación para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**Director:  
RICARDO A. CRUZ HERNÁNDEZ**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2005**

## RESUMEN

**TÍTULO:** COMPARACION DE COSTOS DE ESTRUCTURA ENTRE LOS SISTEMAS TÚNEL Y TRADICIONAL EN ZONAS DE ALTO RIESGO SÍSMICO\*

**AUTORES:** LUIS ENRIQUE AGUAS TRIANA\*\*  
JOSE PABLO PEDRAZA SERRANO\*\*.

### PALABRAS CLAVE

SISTEMA TUNEL  
SISTEMA TRADICIONAL  
DISEÑO ESTRUCTURAL  
ANÁLISIS DINÁMICO  
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

### DESCRIPCIÓN:

Bucaramanga es una ciudad como pocas, pues a pesar de estar calificada como una de las ciudades con los mas altos niveles de sismicidad en el mundo, cuenta con suelos de una excelente capacidad portante, lo que proporciona las condiciones necesarias para poder ejecutar cualquier tipo de edificación en altura. Estas magnificas condiciones del suelo han dado al ingeniero la confianza necesaria para que cada día sea mayor la construcción de vivienda en edificaciones de 10 y mas pisos en los dos mas mencionados sistemas estructurales dentro del gremio constructor, el sistema tradicional de vigas y columnas y el sistema de muros estructurales, mas conocido en el medio como sistema túnel.

Con el fin de realizar una comparación de los costos directos de estructura entre estos 2 sistemas se plantea una descripción de cada uno de ellos con sus ventajas y desventajas a nivel arquitectónico, constructivo y económico para posteriormente plantear a partir de una edificación existente en sistema túnel, la misma edificación en sistema de pórticos conservando las áreas originales y la funcionalidad de los espacios.

Con la ayuda del software SAP2000 Non-Linear se hace el modelamiento de las 2 edificaciones, cumpliendo con las especificaciones técnicas de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 para seguidamente proceder con el análisis del comportamiento dinámico de los 2 modelos y el diseño de los elementos estructurales de cada uno de ellos.

Obtenidos los planos estructurales y arquitectónicos de las 2 edificaciones se obtienen las cantidades de obra de los ítems que pasaran a conformar cada una de las 2 estructuras, con su respectivo Análisis de Precios Unitarios (A.P.U), para obtener finalmente el cuadro de presupuesto total de los 2 sistemas donde se conocerá a ciencia cierta cual será el valor de los costos directos en las 2 edificaciones hasta su terminación en obra negra.

---

\* Proyecto de Grado modalidad Investigación

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Ingeniería Civil. Ricardo A. Cruz Hernández

## SUMMARY

**TITLE:** STRUCTURAL COST COMPARISON BETWEEN THE TUNNEL AND TRADITIONAL SYSTEMS IN HIGH SEISMIC RISK ZONES\*.

**AUTHORS:** LUIS ENRIQUE AGUAS TRIANA\*\*  
JOSE PABLO PEDRAZA SERRANO\*\*

### KEY WORDS

TUNNEL SYSTEM  
TRADITIONAL SYSTEM  
STRUCTURAL DESIGN  
DYNAMIC ANALYSIS  
ANALYSIS OF UNIT PRICES

### DESCRIPTION:

Bucaramanga is a city like no other due to its high seismic levels which qualifies it as one of the cities at more risk in the world, also it has soils of an excellent support capability, which provides the necessary conditions to execute any type of building construction, these magnificent soil conditions give the engineer the confidence necessary to build progressively more ten stories high buildings for housing in any of the two more common structural systems in the construction area, the traditional system of beams and columns and the structural walls system, known as the tunnel system.

In order to realize a comparison of the direct structural cost between these two systems, a description of each of them with its advantages and disadvantages at architectural, constructive and economic levels was made. From there, having the analysis of an existing building in the tunnel system, the same building was analyzed in the traditional columns and beams system keeping its original areas and its space functionality.

With help of the SAP2000 Non-Linear software the modeling of the two buildings was made, fulfilling the technical specifications of the Colombian Norms of Design and Seismic Resistant Constructions NSR-98. All of this followed by the analysis of the dynamic behavior of the 2 models and the design of the structural elements of each of them.

Once the structural and architectural CAD files for the 2 buildings are obtained, the quantities of work of the items that will form each of the 2 structures will be obtained with its respective Unit Prices Analysis (A.P.U). Finally, after obtaining the final draft budget of the 2 systems, we will know certainly the exact value of the direct costs of each of the 2 buildings up to its completion in shell.

---

\*Degree Project – investigation

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Civil Engineering. Ricardo A. Cruz

A Dios, por permitirme crecer en medio del amor, el apoyo y las mejores enseñanzas de unas personas maravillosas: mis padres, mi hermana, a Silvia Juliana y demás familiares, con los cuales encuentro día a día el verdadero significado y valor de la vida para seguir adelante en mi camino.

**LUIS ENRIQUE**

A todas las personas que desinteresadamente contribuyeron para alcanzar este logro; en especial a mis padres y hermanos quienes fueron mi principal apoyo para superar esta etapa de mi vida.

**JOSE PABLO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A **Nelson H. Pedraza Jaimes** ing. Civil por ser el principal mentor de esta investigación.

A **Guillermo Cortes Falla** ing civil, por su valiosa, permanente, desinteresada e incondicional colaboración durante el desarrollo del proyecto.

A **Ricardo A. Cruz Hernández**. Ing civil director de proyecto por su valiosa, permanente, desinteresada e incondicional colaboración durante el desarrollo del proyecto.

A todas aquellas personas que brindaron su apoyo y contribuyeron para que este trabajo pudiera cumplir sus objetivos.

## CONTENIDO

<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>i</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>1 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TUNEL Y TRADICIONAL</b>	<b>12</b>
<b>1.1 SISTEMA MUROS ESTUCTURALES</b>	<b>12</b>
1.1.1 Descripción del sistema	12
1.1.2 Forma y tamaño	14
1.1.3 Sistema de montaje	16
1.1.4 Maquinaria necesaria	17
1.1.5 Mano de obra.	18
1.1.6 Rendimiento.	18
1.1.7 Tiempos de duración por ciclo.	19
1.1.8 Tipo de concreto.	20
1.1.9 Comportamiento estructural.	21
1.1.10 Posibilidades arquitectónicas.	24
1.1.11 Almacenamiento de la formaleta.	24
1.1.12 Costos.	25
1.1.13 Ventajas y desventajas	25
<b>1.2 SISTEMA DE PORTICOS</b>	<b>28</b>
1.2.1 Descripción del sistema	28
1.2.2 Forma y tamaño	28
1.2.3 Maquinaria necesaria	28
1.2.4 Mano de obra	28
1.2.5 Tipo de Concreto	29
1.2.6 Acabados	29
1.2.7 Comportamiento estructural.	29

1.2.8	Posibilidades arquitectónicas.	31
1.2.9	Ventajas y desventajas	32
<b>2</b>	<b>DISEÑO ESTRUCTURAL</b>	<b>33</b>
<b>2.1</b>	<b>DESCRIPCION DEL PROYECTO</b>	<b>33</b>
2.1.1	Análisis según ubicación y geometría	34
<b>2.2</b>	<b>CONSTRUCCION DE LOS MODELOS EN SAP 2000</b>	<b>39</b>
2.2.1	Sistema muros	40
2.2.2	Sistema pórticos estructurales	56
<b>2.3</b>	<b>CARGAS VERTICALES:</b>	<b>62</b>
2.3.1	Análisis cargas muertas sistema muros de carga.	62
2.3.2	Análisis de cargas muertas sistema aporticado.	67
<b>2.4</b>	<b>ANÁLISIS ESTRUCTURAL SEGÚN NSR-98</b>	<b>734</b>
2.4.1	Evaluación de las fuerzas sísmicas	74
2.4.2	Descripción de los métodos de análisis estructural.	75
2.4.3	Requisitos de la deriva	79
2.4.4	Desplazamiento horizontal.	80
2.4.5	Resultados desplazamientos y derivas obtenidas sistema túnel.	82
2.4.6	Resultados desplazamientos y derivas obtenidas sistema tradicional	845
<b>2.5</b>	<b>CALCULO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.</b>	<b>87</b>
2.5.1	Sistema Muros	87
2.5.2	Sistema aporticado	92
<b>2.6</b>	<b>COMPARACIONES DE LOS SISTEMAS MUROS Y APORTICADOS</b>	<b>101</b>
2.6.1	Comparación masas sistemas muros y aporticados	101
2.6.2	Comparación desplazamientos muros y aporticados	102
2.6.3	Comparación índices de derivas sistemas muros y aporticados	103
<b>3</b>	<b>COMPARACIÓN DE COSTOS DE ESTRUCTURA</b>	<b>104</b>

<b>3.1</b>	<b>CANTIDADES DE OBRA</b>	<b>104</b>
3.1.1	Cimientos	110
3.1.2	Muros	112
3.1.3	Pañetes	113
3.1.4	Estructura	113
<b>3.2</b>	<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>	<b>114</b>
<b>3.3</b>	<b>CUADRO DE PRESUESTO</b>	<b>116</b>
3.3.1	Sistema túnel	116
3.3.2	Sistema tradicional	117
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>119</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>124</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>126</b>

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1-1: Fundición de muros y placas	13
Fig. 1-2 Conformación del túnel.	14
Fig. 1-3 Disposición de paneles.	15
Fig. 1-4 Grúa Pluma	18
Fig. 1-5 Planos que se Intersectan	21
Fig. 1-6 Transmisión de cargas verticales.	22
Fig. 1-7 Acción de fuerzas laterales. referencia	23
Fig. 1-8 Acción de las fuerzas de cortante.	24
Fig. 1-9 Proceso General del Sistema Túnel	27
Fig. 1-10 Líneas que se Intersectan.	29
Fig. 2-1: Zonas de Amenaza Sísmica.	34
Fig. 2-2: Mapa de Valores de Aa.	35
Fig. 2-14: Espectro obtenido.	38
Fig. 2-4: Edición de la malla para la creación del modelo	40
Fig. 2-5: Elemento shell de 4 nodos	
Fig. 2-6: Elemento shell de 3 nodos	41
Fig. 2-7: Tipos de elementos shell para el modelo.	42
Fig. 2-8: Piso tipo – división correcta de los elementos shell	43
Fig. 2-9: Construcción del modelo hasta piso tipo	44
Fig. 2-10: Utilización de la herramienta Replicate hasta el piso 10	44
Fig. 2-11: Definición de las cargas verticales.	45
Fig. 2-12: Aplicación de cargas sobre el elemento shell	45
Fig. 2-13: Creación del espectro de diseño.	46
Fig. 2-15: Definición de los 3 espectros de respuesta	47
Fig. 2-16: Definición de los espectros de respuesta	48
Fig. 2-17: Elaboración de las 4 combinaciones de carga.	50

Fig. 2-18: Asignación de las masas Rotacional y Traslacional sobre cada Master Joint.	52
Fig. 2-19: Asignación de constreñimiento de diafragma para todos los niveles	53
Fig. 2-20: Selección de las restricciones para los master joint	54
Fig. 2-21: Menú – Parámetros dinámicos de la estructura	54
Fig. 2-22: Modelo final – Sistema túnel	54
Fig. 2-23: Planta piso tipo – sistema tradicional	57
Fig. 2-24: Elemento frame con sus ejes locales	57
Fig. 2-25: Tipos de sección creadas para el modelo	58
Fig. 2-26: Ejemplo de sección rectangular	58
Fig. 2-27: Distribución de viguetas piso tipo	59
Fig. 2-28 : Modelo sap viguetas en planta – piso tipo	60
Fig. 2-29: Modelo sap viguetas - vista 3D	60
Fig. 2-30: Modelo final - Sistema Tradicional	61
Fig. 2-31: Sección transversal placa sistema tradicional.	71
Fig. 2-32: Áreas aferentes a Viga 1.	72
Fig. 2-33: Viga Cargada.	73
Fig. 2-34 Equilibrio de fuerzas horizontales ( $F_x$ ) en pisos y cortante de base ( $V_s$ )	77
Fig. 2-35: Desplazamientos Horizontales Sistema Túnel	84
Fig. 2-36: Índice de deriva Sistema Túnel	84
Fig. 2-37: Derivas- Sistema tradicional.	85
Fig. 2-38: Desplazamientos horizontales Sistema Tradicional.	86
Fig. 2-39: Índice de deriva Sistema Tradicional.	86
Fig. 2-40: Momentos sentido X. obtenidos en Sap-2000.	87
Fig. 2-41: Malla electrosoldada.	89
Fig. 2-42: Malla descriptora de los momentos.	90
Fig. 2-43: Malla convencional.	90
Fig. 2-44: Inicio programa DC_Cad	92
Fig. 2-45: Pantalla principal DC_Cad.	93

Fig. 2-46: Geometría y solicitaciones de DC_Cad.	94
Fig. 2-47: Niveles, ejes y estructura sólida de DC_Cad.	95
Fig. 2-48: Modelo en Planta del sistema Tradicional con ejes arquitectónicos de DC-Cad.	96
Fig. 2-49: Cuantías y vista espacial de DC-Cad.	96
Fig. 2-50: Diseño de columnas en DC-Cad.	97
Fig. 2-51: Diseño de vigas en DC-Cad.	98
Fig. 2-52: Pantallazo durante el diseño de vigas y columnas en el DC-Cad.	99
Fig. 2-53: despiece de vigas en DC-Cad.	100
Fig. 3-1: Planta cimentación – Sist. Túnel	110
Fig. 3-2: Planta cimentación – Sist. Tradicional.	110
Fig. 3-3: Detalle Zapata – Sist. Tradicional.	111
Fig. 3-4: mampostería adicional – Sist. Tradicional. Piso tipo	112
Fig. 3-5: A. P.U tipo - columnas en concreto	115

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1: Valores de $A_a$ y nivel de amenaza sísmica según la región.	35
Tabla 2-2: Valores del coeficiente de sitio, $S$ .	36
Tabla 2-3: Valores del Coeficiente de importancia, $I$ .	38
Tabla 2-4: Cargas Vivas Utilizadas.	62
Tabla 2-5: cargas muros no estructurales piso tipo.	62
Tabla 2-6: total de cargas muertas sobre placa piso tipo.	63
Tabla 2-7: total de cargas muertas sobre placa segundo piso.	64
Tabla 2-8: total de cargas muertas sobre placa tercer piso.	65
Tabla 2-9: Total de cargas muertas sobre placa cubierta.	65
Tabla 2-10: Total de cargas muertas sobre placa cuarto de maquinas.	66
Tabla 2-11: Total de cargas muertas sobre placa tanque elevado.	66
Tabla 2-12: Resumen Cargas Muertas- Sistema Túnel.	67
Tabla 2-13: Cargas muertas piso tipo sistema tradicional.	68
Tabla 2-14: Cargas muertas segundo piso sistema tradicional.	68
Tabla 2-15: Cargas muertas tercer piso sistema tradicional.	69
Tabla 2-16: Cargas muertas cubierta sistema tradicional.	69
Tabla 2-17: Cargas muertas cuarto de maquinas sistema tradicional.	70
Tabla 2-18: Cargas muertas tanque elevado sistema tradicional.	70
Tabla 2-19: Cargas muertas por viguetas sistema tradicional.	71
Tabla 2-20: Ejemplo áreas aferentes.	72
Tabla 2-21: Resumen de cargas muertas-sistema tradicional.	73
Tabla 2-22 Derivas máximas como porcentaje de hpi	82
Tabla 2-23: Calculo de Derivas Sistema Túnel.	83
Tabla 2-24: Momentos máximos en placa	88
Tabla 3-1: Ítems diferencia entre el sistema túnel y el tradicional	109
Tabla 3-2: Cantidades de obra - cimentación	111

Tabla 3-3: Mampostería en ladrillo H-10 . Sist. Tradicional.	113
Tabla 3-4: Cantidades de obra - Cap 5	113
Tabla 3-5: Cantidades de obra - Cap 6	114
Tabla 3-6: Costos totales de por edificación	118

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 2-6: Coeficiente de disipación de energía.	39
Ecuación 2-8: Masa traslacional	51
Ecuación 2-9: Masa rotacional.	51
Ecuación 2-10: Cortante de base.	75
Ecuación 2-11: Máxima aceleración horizontal.	75
Ecuación 2-12: Fuerzas Horizontales.	76
Ecuación 2-13: Deriva máxima del piso i.	81

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las ciudades ha alcanzado en la época actual niveles sin precedentes. Se produce y se consume más que nunca; el latente materialismo y el crecimiento demográfico han promulgado unos imperativos económicos a los que está siendo sometida rápida e inexorablemente las edificaciones. Consecuencia de ello fue el reconocimiento unánime de la necesidad de industrializar la construcción.

Hoy en día existe un gran desconocimiento en términos económicos de las implicaciones de usar en la construcción de una edificación de vivienda un sistema estructural tradicional o un sistema de muros estructurales (outinord, o manoportable) a la luz de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98) y de los costos de construcción actualizados; dos factores de vital importancia para tomar la mejor decisión técnica dentro del análisis de viabilidad de un proyecto.

De esta forma, en vivienda de mediana y gran altura las normas para el diseño de las edificaciones sismorresistentes son más limitadas y rigurosas en las zonas de alto riesgo sísmico. Las acciones que deben ser seguidas, si se quiere obtener una edificación con una mayor seguridad en caso de un sismo, pueden implicar el aumento de un presupuesto global. Para eso se hace de vital importancia tener como apoyo una comparación exhaustiva de los sistemas estructurales más convenientes y no basta solo con conocer las ventajas obvias que ofrecen dichos sistemas, si no también una comparación de costos directos,

Con el fin de cumplir con los objetivos propuestos el proyecto se desarrollará en tres etapas fundamentales. A partir de 1) una descripción general de cada

uno de los sistemas constructivos en comparación, (túnel y aporticado) se identificarán las ventajas y desventajas de cada uno de ellos para después dar paso al 2) modelamiento y diseño de una edificación de 13 pisos próxima a construirse en la ciudad de Bucaramanga. Se analizará su comportamiento estructural y a partir de la obtención de sus planos arquitectónicos y estructurales se procederá con la 3) obtención de los costos directos de cada estructura a partir de las cantidades de obra y los A.P.U que cada una de las edificaciones arroje para finalizar con las conclusiones de este proyecto investigativo.

El proyecto propuesto y su solución, resultan común para cualquier lugar del país o más claramente para las principales ciudades que es donde se construye vivienda en altura y donde los precios de los insumos básicos podrían tomarse como similares. Sin embargo el proyecto aportará a la generación de nuevo conocimiento o a su actualización, en el ámbito de una zona geográfica de riesgo sísmico alto y particularmente en la ciudad de Bucaramanga que es donde se ubica la edificación a analizar. Gracias al gran desarrollo de la tecnología, especialmente en los computadores, es posible realizar diseños de las estructuras a construir y someterlas a todo tipo de análisis, permitiendo comprobar la funcionalidad de los diseños arquitectónicos y el comportamiento de la estructura ante sismos dependiendo de la zona donde se encuentre localizada. El software SAP-2000 es una herramienta de primera mano y su versión para análisis estructurales no lineales da al ingeniero una capacidad hace años inexistente. Este software será una fuente de gran ayuda para obtener los resultados del comportamiento estructural en cada uno de los sistemas.

## 1. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TÚNEL Y TRADICIONAL

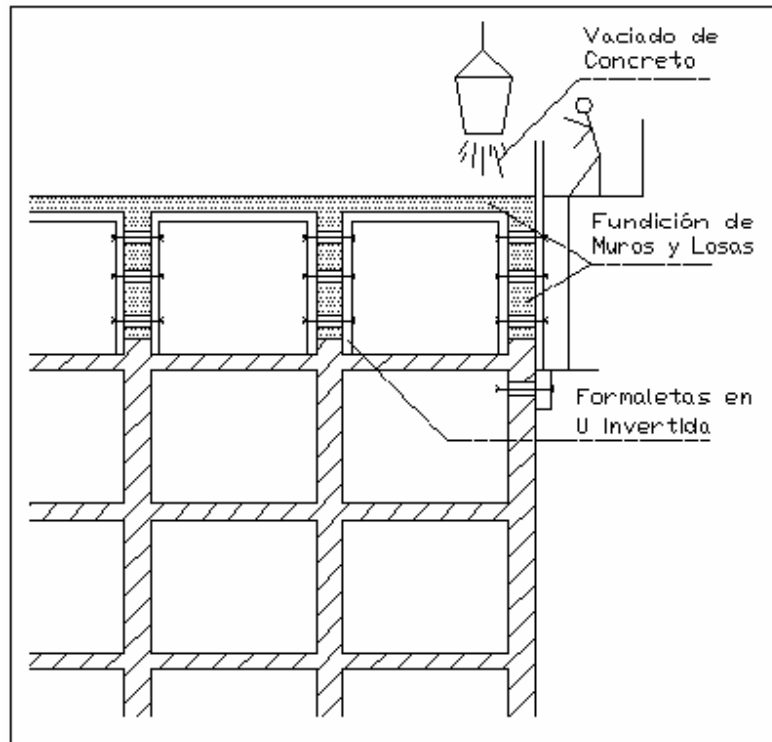
### 1.1 SISTEMA MUROS ESTRUCTURALES

**1.1.1 Descripción del sistema.** El sistema estructural de muros de carga puede construirse por el sistema constructivo tipo túnel, el cual es un sistema industrializado en obra que permite construir rápidamente, partiendo de un principio de rotación diaria de la formaleta que proporciona una velocidad de construcción con poca ocupación de personal. Tal sistema ofrece la ventaja de bajos costos por la gran productividad de la mano de obra y un bajo costo de amortización de los equipos. Se puede construir todo tipo de estructuras de concreto armado, especialmente unidades habitacionales de proyectos repetitivos

La formaletería dispuesta en forma de U invertida, se coloca una frente a otra en forma que al verter el hormigón en los espacios que dejen entre si los paneles verticales y sobre los horizontales, se formarán los elementos de la estructura; unas “reservas“ o negativos determinaran los huecos o vanos correspondientes a puertas, ventanas, pasos etc. Los encofrados utilizados en un sistema túnel pueden estar constituidos por un solo elemento es decir el de U invertida o por elementos con forma de L invertida (semitúneles) que se agrupan por pares para formar el cajón siendo este último el más utilizado en nuestro medio.

El procedimiento permite fundir en el sitio (“in-situ”) muros longitudinales y transversales con sus placas, como se aprecia en la figura 1-1.

Figura. 1-1. Fundición de muros y placas



Fuente: autores

La construcción con formaletas metálicas permite un buen acabado y el ensamble monolítico de muros y losas de entrepiso le confieren un buen comportamiento frente a la acción de sismos intensos. Las fachadas se pueden construir sin limitaciones arquitectónicas y el aislamiento acústico y térmico resulta aceptable, similar al de otros sistemas como los de mampostería o prefabricación en grandes paneles de concreto reforzado.

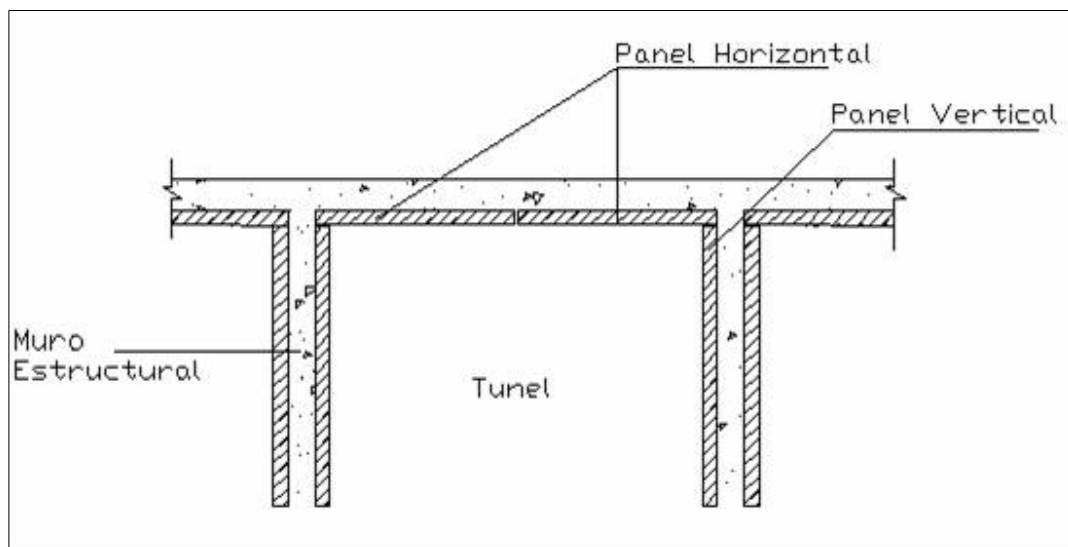
El monolitismo de la placa de cubierta con los muros portantes ha generado algunos agrietamientos típicos que admiten soluciones ya ensayadas en Santa Fe de Bogotá. Cuando el clima es muy frío, puede incidir en la celeridad del desencofrado. El sistema tiene el inconveniente del alto costo de la formaleta y además, al igual que en algunos sistemas prefabricados, no

permite modificaciones futuras de la construcción, ni ofrece flexibilidad arquitectónica por el proceso mismo de construcción; su gran debilidad.

El principio básico en la ejecución de un sistema tipo túnel es lograr que todas las actividades se realicen entre las ocho de la mañana y las seis de la tarde de cada día, dejando un tiempo de catorce horas para el fraguado del concreto, suficiente para que este tenga una resistencia adecuada para retirar los encofrados unidos y repetir el ciclo.

### 1.1.2 Forma y tamaño

Figura. 1-2. Conformación del túnel.



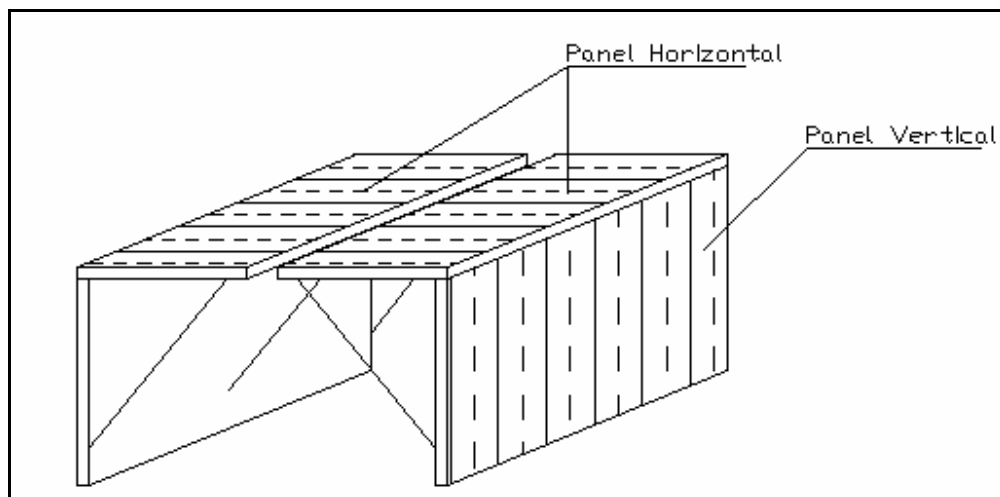
Fuente: autores

La forma del encofrado es el medio-túnel o coquilla, consistente en una sección rectangular compuesta por un panel vertical (PV) de una altura igual a la del muro a fundir y un panel horizontal (PH). Ambos paneles están ensamblados entre sí mediante pernos formando un ángulo. Dos medios-túneles enfrentados entre sí conforman un túnel. En la figura 1-2 se identifican los 2 paneles.

**Panel vertical:** geoméricamente tiene una altura estándar de 2,43 m lo que conforma una altura de piso a techo de 2,50 m. Sin embargo es posible adecuarlos para alturas entre los 2,20 hasta los 3 m. El largo estándar de un panel PV es de 1.25 y 2.50 m.

**Panel horizontal:** el largo de los paneles PH tiene la misma modulación que un panel PV. El ancho varía entre 1.05 m y 2.85 m. Al unir varios medios-túneles se pueden obtener los diferentes largos de túnel requeridos. En la Figura 1-3; una vista en 3D de la configuración de los paneles.

Figura. 1-3. Disposición de paneles.



Fuente: autores

**Accesorios:** los equipos incluyen los testereros para las placas y muros, andamios y plataformas de desencofrado que facilitan el proceso y aseguran un fácil acceso y seguridad.

**Encofrado de muro:** llamado también encofrado de culata, es auto soportante y autonivelante, con pasarelas de trabajo y barandas de producción incluidas.

**Material:** los paneles están constituidos por planchas de acero de 3 mm de espesor, reforzadas con perfiles de acero. Estos perfiles están distanciados de tal manera que el panel pueda resistir una presión del concreto fresco aproximadamente de 6 ton/m<sup>2</sup> a una altura de 3 m. Para resistir la presión del concreto al estar enfrentado un panel a otro, se unen mediante unos pasadores de acero que se ajustan con tuercas mariposa.

**1.1.3 Sistema de montaje**<sup>1</sup>. El ciclo nominal de operación consiste en: desencofrado, limpieza y aplicación del agente desencofrante, reposicionamiento, ajuste y nivelación, colocación del refuerzo de acero e instalaciones eléctricas embebidas, movimiento de andamios y fundida de muros y placas. Estas actividades se deben realizar en un solo día.

Cada medio túnel estándar de 1.25 o 2,50m. es ensamblado con otro mediante ganchos de unión, para conformar una pieza del largo deseado, normalmente hasta 12.50m. Dos medios-túneles son enfrentados para conformar el túnel completo. La unión entre los medios-túneles se realiza mediante cerrojos.

Cada medio-Túnel posee dos tubos de acero diagonales, que se ajustan mediante tornillos regulables. En el momento en que los tornillos tocan el tope, la coquilla está rigurosamente a escuadra. Un puntal estabilizador asegura el sostenimiento del medio-túnel al encofrar y de la losa al desencofrar, este puntal lleva en su base una rueda giratoria que junto a las dos ruedas que van en la línea de base del panel PV forman un carro para trasladar el encofrado horizontalmente.

---

<sup>1</sup> Noticreto, La Revista de la Técnica y la Construcción. Ed N° 35 Pág.37

Cada coquilla posee elementos de ensamble y nivelación en sus extremos, como ganchos de unión, tacos de posicionamiento, tuercas y tornillos, para una fácil y rápida operación de unión o separación de paneles. Adicionalmente todo medio-túnel puede ser utilizado a la derecha o a la izquierda de manera indiferente. En la base del PV también hay dos tornillos regulables que permiten autonivelar y ajustar la altura del túnel.

**1.1.4 Maquinaria necesaria<sup>2</sup>.** El sistema utiliza una baja cantidad de mano de obra y mínimos tiempos de ejecución, para que sea posible encofrar diariamente una gran cantidad de metros cuadrados. Para esto se necesitan plumas grúas para el manejo de los encofrados. Dependiendo de la capacidad de la grúa, es posible encofrar del orden de 45 m<sup>2</sup>. Para que la operación del sistema sea eficiente, se requiere como mínimo una grúa con capacidad de 1000 Kg. a 30 metros. El peso por m<sup>2</sup> de formaleta con todos sus accesorios es del orden de 65 Kg. /m<sup>2</sup>.

El uso de la grúa no se limita únicamente al movimiento de la formaleta, ya que también es utilizada por la obra para el transporte horizontal y vertical de los diferentes materiales como también para la colocación del concreto. En el caso de obras de menor envergadura como viviendas unifamiliares, es posible utilizar grúas de menor capacidad montadas sobre llantas o si es para grandes edificaciones grúas torre de gran altura

---

<sup>2</sup> Noticreto, La Revista de la Técnica y la Construcción. Ed N° 47 Pág.76

Figura. 1-4 Grúa Pluma



Fuente: autores

**1.1.5 Mano de obra.** Para el manejo del equipo no es necesaria una mano de obra especializada, sin embargo es recomendable un período prudencial (15 días) para entrenar al operario en el manejo de operaciones sencillas que se hacen fáciles de aprender para el trabajador ya que se repiten diariamente.

Por hacer un cálculo en la mano de obra se puede decir que para la construcción de una unidad habitacional de unos 90 m<sup>2</sup> o algo mas se requieren aproximadamente 20 operarios, que incluyen al personal del equipo, al maestro, operador de la grúa, armadores e instaladores eléctricos e hidráulicos.

**1.1.6 Rendimiento.** Por su necesaria organización, precisión y rapidez en la construcción el sistema túnel ha traído como consecuencia un ahorro

sustancial entre el tiempo, mano de obra y por tanto de dinero, Ya que los rendimientos no dependen tan solo de los equipos o tipos de encofrados utilizados si no de los operarios, por eso aunque no sea imperioso contar con mano de obra especializada si es indispensable que los operarios conozcan con anterioridad las operaciones a realizar.

Un equipo de trabajo puede lograr una producción diaria de unos 120 m<sup>2</sup> en planta. En términos de viviendas, puede equivaler a uno o dos apartamentos diarios. Los rendimiento horas hombre/m<sup>2</sup> son: 0.30 m<sup>2</sup> para armado incluye desencofrado, erección, colocación del refuerzo y fundida de concreto, Para esta ultima actividad son 3.5 m<sup>2</sup> / hora.

Si los equipos son correctamente manejados, se pueden llegar muchos usos, dejando acabados perfectos, aunque existen equipos que han tenido entre 850 y 1500 usos. Aunque los equipos se diseñan para cada proyecto específico, pueden ser reutilizados en un 100% en proyectos diferentes, puesto que sus componentes son estándar e intercambiables.

**1.1.7 Tiempos de duración por ciclo.** El principio básico del encofrado Outinord es el del lograr las actividades siguientes entre las 8 y las 18 horas, de cada día, logrando así un ritmo de producción diario que tras 14 horas de fraguado, el concreto tenga una resistencia adecuada para poder retirar los encofrados y repetir el ciclo.

Actividades:

- 7:00 - 7:30 a.m. Retiro tornillería.
- 7:30 - 8:30 a.m. Traslado formaletería.
- 8:30 - 12:00 m. Colocación formaleta.
- 1:30 – 3:00 p.m. Colocación plancha.

- 3:00 – 5:00 p.m. Fundida de concreto.

En dos horas es posible fundir 15 m<sup>3</sup> de concreto a través de bomba.

**1.1.8 Tipo de concreto.** El principio básico del sistema es la rotación diaria de los equipos, por lo que se necesita asegurar el fraguado del concreto en catorce horas. Bajo condiciones normales de temperatura este proceso de curado se logra sin problemas durante la noche.

El desencofrado se facilita por el principio de los medios-túneles, que permiten mantener media placa apuntalada permanentemente, puesto que después del desencofrado del primer medio-túnel y antes del desencofrado del segundo, se coloca una hilera de párales. Esto permite trabajar con concretos de 210 Kg. /cm<sup>2</sup> (21 MPa) con un tamaño máximo de agregado entre 3/4" y 1.5" dependiendo del elemento a fundir. La compactación se realiza normalmente con vibradores de inmersión. Para facilitar la colocación del concreto y evitar la aparición de hormigueros, es recomendable utilizar concretos con asentamiento de 10 cm.

El desperdicio de concreto es prácticamente nulo, puesto que el sistema es completo e incluye todos los frentes de placa y muro, además de ser indeformable y tener una geometría adecuada para obra gruesa. Se puede hablar de un desperdicio del 0.2% sobre el volumen colocado debido a la calidad de la mano de obra.<sup>3</sup>

El acabado superficial es completamente liso, ya que la superficie de los paneles es una plancha lisa de acero. Este nivel de acabado permite un ahorro entre el 85 y el 90% por concepto de pañetes, estucos y remates. Si

---

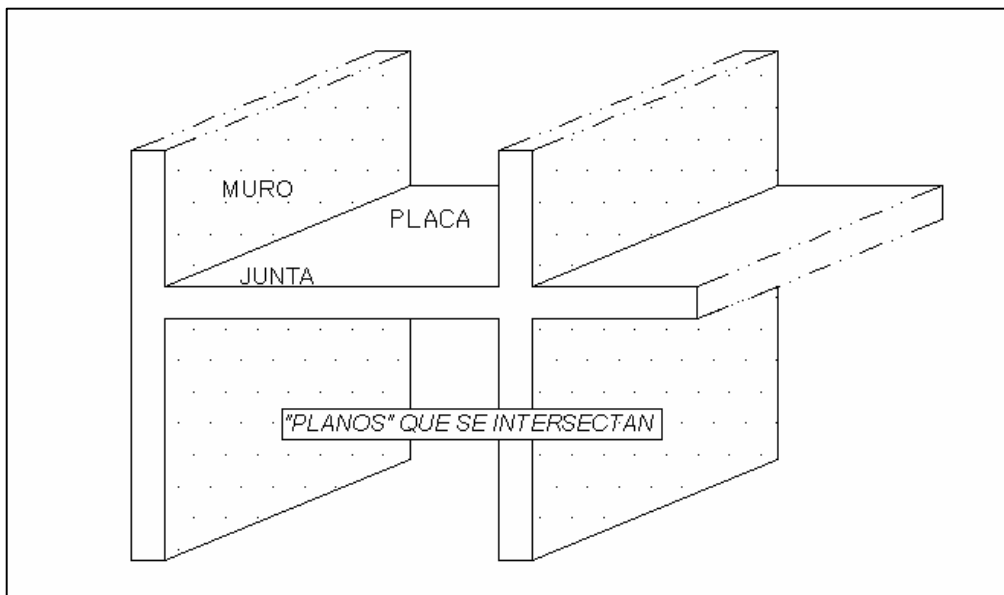
<sup>3</sup> Noticreto, La Revista de la Técnica y la Construcción. Ed N° 35 Pág.37

deseo un acabado superficial con textura, es posible adherir a la cara del panel elementos plásticos con diferentes motivos.

o

**1.1.9 Comportamiento estructural.** La estructura de soporte esta basado en muros de corte y placas de diafragma rígido que tienen un buen funcionamiento en el evento de un sismo. El sistema permite además fundir en una misma operación muros en dos direcciones junto con la placa dando como resultado una estructura monolítica con gran rigidez en ambas direcciones.

Figura. 1-5 Planos que se Intersectan



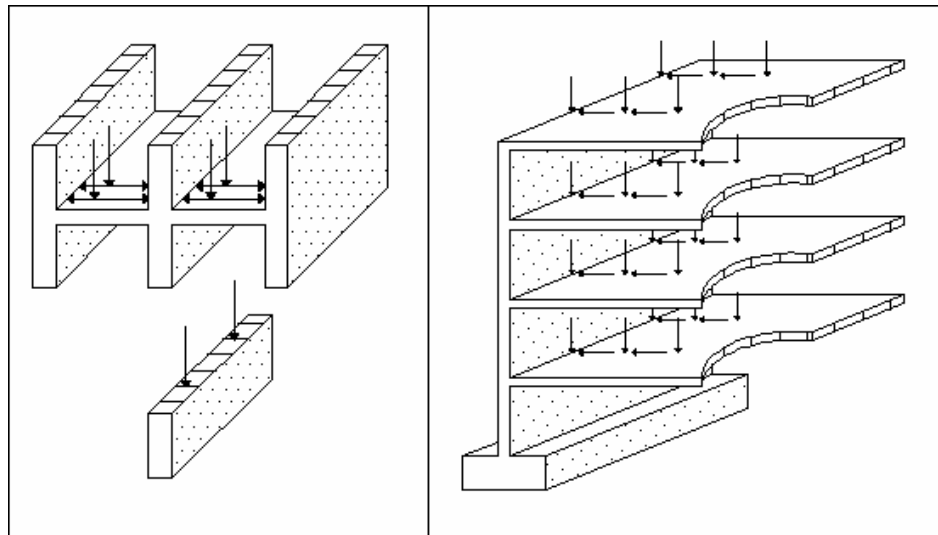
Fuente: autores

Para este tipo de sistema la disposición en planta de muros estructurales debe ser tal que permita una clara transmisión de las cargas verticales hasta la cimentación y que de suficiente rigidez en las dos direcciones principales con el fin de poder absorber las fuerzas laterales. No es suficiente con tener muros portantes en una sola dirección, debido a que las placas y muros son muy delgados, los pórticos formados por ellos no pueden ser reforzados en la

forma requerida como para que puedan ser considerados pórticos dúctiles. Esto se traduce en que la fuerza sísmica de diseño en la dirección perpendicular a los muros, son mayores lo que puede agravar el problema de estabilidad.

**Transmisión de cargas verticales:** las placas o entre pisos transmiten las cargas verticales muertas y vivas hasta los muros portantes por medio de la flexión. Las cargas verticales actúan perpendicularmente al plano de las placas. Los muros portantes reciben de las placas las cargas verticales de cada piso, las que sumadas al peso propio de los muros, deben ser transmitidos por estos hasta la cimentación. Es un proceso acumulativo que va desde los pisos superiores hasta los inferiores. La figura 1-6 esquematiza esta transmisión de cargas.

Figura. 1-6 Transmisión de cargas verticales.

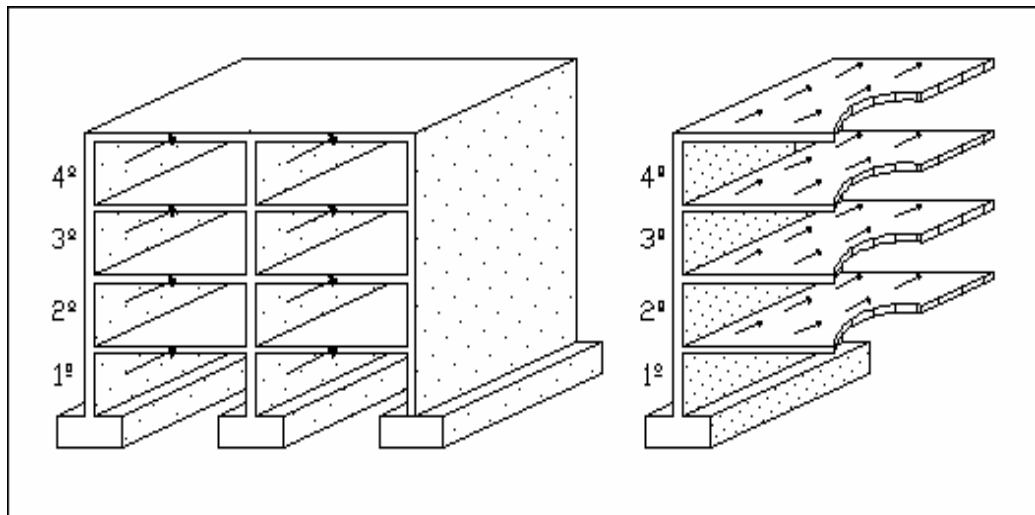


Fuente: autores

**Transmisión de cargas horizontales:** las fuerzas laterales, vientos y sismos principalmente, son resistidos por los muros paralelos a la dirección de dichas fuerzas. En este principio radica la esencia del sistema, como las fuerzas laterales pueden actuar en cualquier dirección es necesario orientar

diferente número de muros en un mínimo de dos direcciones principales ojala ortogonales entre si. La figura 1-7 describe la transmisión de estas cargas.

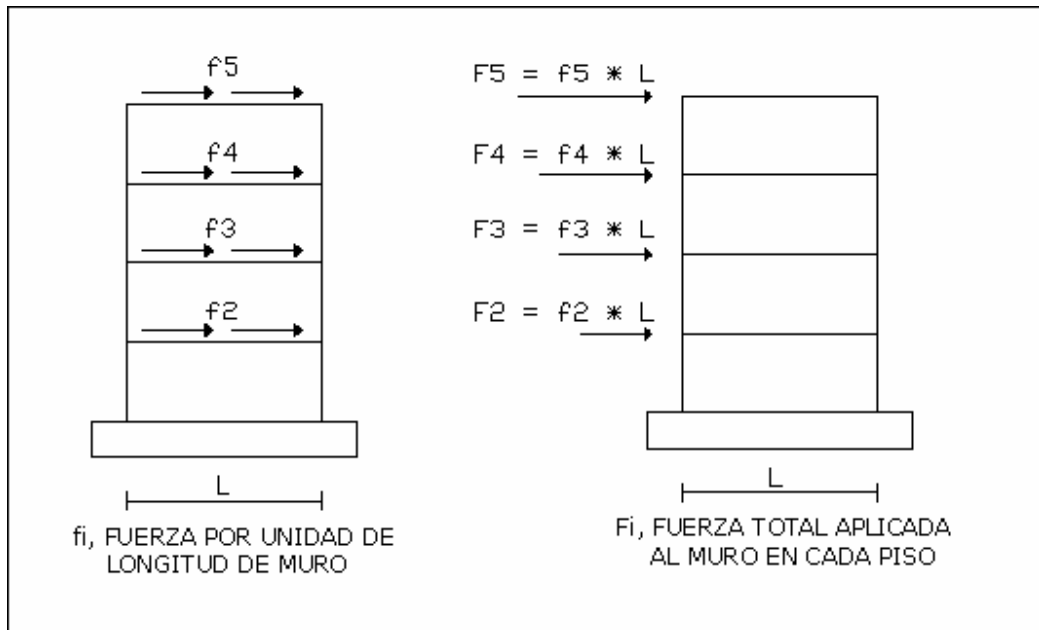
Figura. 1-7 Acción de fuerzas laterales. Referencia



Fuente: autores

Para utilizar un modelo que represente la acción y transmisión de las fuerzas laterales se pueden considerar: a) las fuerzas laterales como fuerzas aplicadas a nivel de los pisos; b) las placas al actuar como diafragmas, que transmiten y distribuyen esas fuerzas laterales a sus empates con los diferentes muros c) Cada muro queda entonces sometido a un sistema de fuerzas laterales  $f_i$ , aplicadas en cada piso a lo largo de la placa. Estas fuerzas laterales  $f_i$ , expresadas en unidades de fuerza por metro lineal de muro, equivalen a fuerzas totales  $F_i$  donde  $F_i = f_i * L$  aplicados al muro en cada piso; d) El proceso siguiente es encontrar las fuerzas cortantes y los momentos de cada uno de los pisos, es decir los diagramas de fuerzas cortantes y de momentos por los procedimientos normales de la estática. La figura 1-8 esquematiza este proceso.

Figura 1-8. Acción de las fuerzas de cortante



Fuente: autores

**1.1.10 Posibilidades arquitectónicas.** No existe limitación para la modulación de una fachada arquitectónicamente, puesto que las formas y volúmenes de fachada se realizan con posterioridad al desencofrado y con diferentes materiales que se acoplan a la estructura de concreto. De igual manera se pueden manejar formas con ángulos diferentes al de 90 grados, adicionando secciones en diagonal, que permiten tener secciones a la típica rectangular.

Para construir las fachadas se permite el uso de otros materiales, desde concreto y elementos prefabricados, hasta fachadas flotantes en vidrio.

**1.1.11 Almacenamiento de la formaleta.** Si la formaleta no se va a utilizar por un periodo largo de tiempo, es recomendable almacenarla desarmada y protegida con un barniz anticorrosivo. Un equipo de formaleta para unos 100 m<sup>2</sup> en planta puede ser almacenado desarmado en una superficie plana de

unos 70 m<sup>2</sup>. En obra la formaleta necesita un espacio inicial para un armado de la misma, cuando comienza la construcción se esta rotando permanentemente de una posición a otra con sus piezas y accesorios.

**1.1.12 Costos.** El precio de la formaleta no se da por unidad de panel o medio-túnel, si no por el total de equipo incluyendo los accesorios. El precio del equipo puede variar de un proyecto a otro, dependiendo de los metros cuadrados a construir y de las piezas especiales requeridas.

### **1.1.13 Ventajas y Desventajas**

#### ***Ventajas:***

##### **• Ventajas Técnicas:**

- Mayor rigidez de las estructuras, con la consiguiente disminución de la deriva, minimizando los posibles daños en casos de sismos mayores.
- Empotramiento de los elementos no estructurales, (sillares, áticos, cornisas y remate de cubiertas), los cuales pueden quedar integrados a la estructura.
- Menor espesor de muros y losas, que repercuten en menor peso de la estructura y por ende, menor carga sobre las funciones y el terreno portante.

##### **• Ventajas Económicas:**

- Menor consumo de materiales, por la eficiencia de usar los muros divisorios como portantes.
- Menor cantidad de refuerzo requerida por ser más liviana la estructura, y menores las luces de las losas, al emplear todo muro como apoyo.

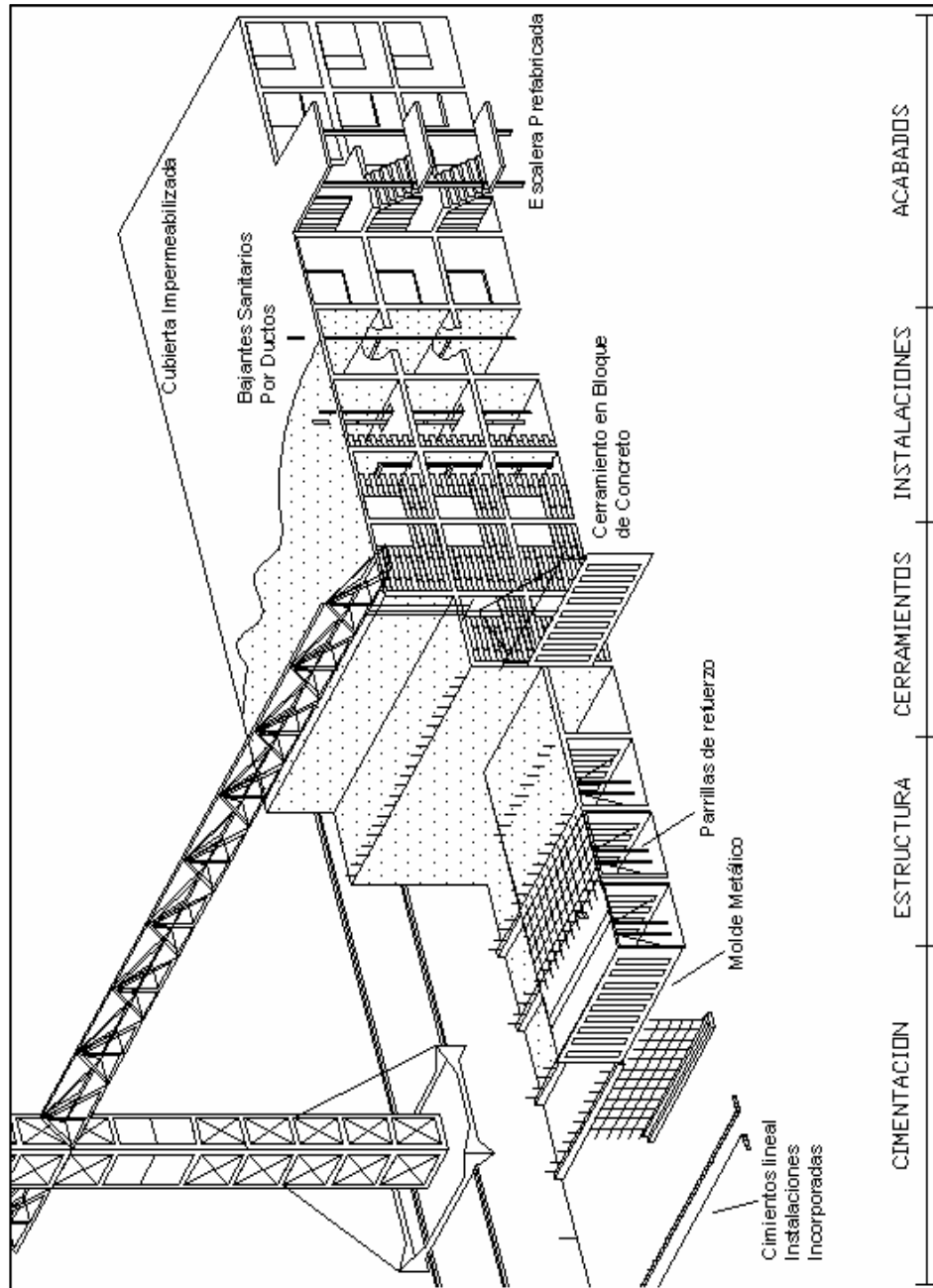
- Menores costos de gastos generales en la construcción, y menores costos financieros al disminuir el tiempo de entrega de los proyectos.

***Desventajas:***

- La disposición arquitectónica. No es posible remover ni desplazar muros; el peligro que alguien trate de hacerlo es tan grande, que se debe especificar en las escrituras de venta la conveniencia de no variar dicha disposición.
- Se deben respetar tres reglas fundamentales: a) los muros han de ser continuos de arriba abajo. b) debe disponerse abundante cantidad de muros en ambas direcciones c) los voladizos han de ser modelados por la dimensión y distribución de aceros en la placa.
- El desplazamiento que podría presentar la malla superior de la placa en su proceso de construcción al tener que soportar la carga viva de los obreros fácilmente podría producir una falla en los elementos de voladizo al tener una disminución excesiva en la resistencia por momento negativo.
- La disposición de los parqueaderos según la distribución de los muros u espacios de una urbanización construida bajo este sistema.

La figura 1-9 hace un esquema general de todo el proceso constructivo del sistema túnel; desde la cimentación hasta su terminación con los acabados.

Figura. 1-9 Proceso General del Sistema Túnel<sup>4</sup>



Fuente: Revista Noticreto

<sup>4</sup> Noticreto, La Revista de la Técnica y la Construcción. Ed N° 35 Pág.39

## **1.2 SISTEMA DE PÓRTICOS**

**1.2.1 Descripción del sistema.** Es un sistema estructural de pórticos está constituido por vigas, columnas y placas que unidos entre si forman una estructura resistente a cargas verticales y horizontales, que permiten el movimiento en caso de sismo. Todos los elementos se funden en el sitio con formaletas tradicionales. Son estructuras cuya resistencia ante cargas laterales depende de las conexiones entre sus miembros.

**1.2.2 Forma y tamaño.** Las dimensiones de los elementos estructurales dependen del diseño estructural, pero generalmente la sección de los elementos es rectangular. En altura los pórticos son el sistema estructural que exigen los mayores espesores de vigas, ya que esta juega un papel importante en la resistencia sísmica y el control de desplazamientos horizontales; en edificios con mas de 15 pisos estas vigas (en algunos casos), empiezan a ser algo voluminosas, lo que puede encarecer los acabados de fachada y las instalaciones verticales por la mayor altura del edificio.

**1.2.3 Maquinaria necesaria.** Para construir con este sistema se necesita la formaleta (según el tipo de construcción de placa escogida) que puede ser transportado por el personal de la obra, pero si se cuenta con algún tipo de transporte vertical, puede agilizar el movimiento del equipo. Dependiendo de la edificación al igual que el sistema túnel se puede emplear grúas de mayor o menor altura según se estime conveniente y así agilizar el transporte en altura de los materiales de obra.

**1.2.4 Mano de obra.** No requiere una capacitación especial, basta con experiencia en la construcción, además en nuestro medio es el método

convencional, hay suficiente mano de obra con amplios conocimientos adquiridos mediante experiencia.

**1.2.5 Tipo de Concreto.** Este sistema constructivo no requiere ningún tipo de concreto en especial, lo más importante es que el concreto empleado cumpla con todas las especificaciones del diseño estructural

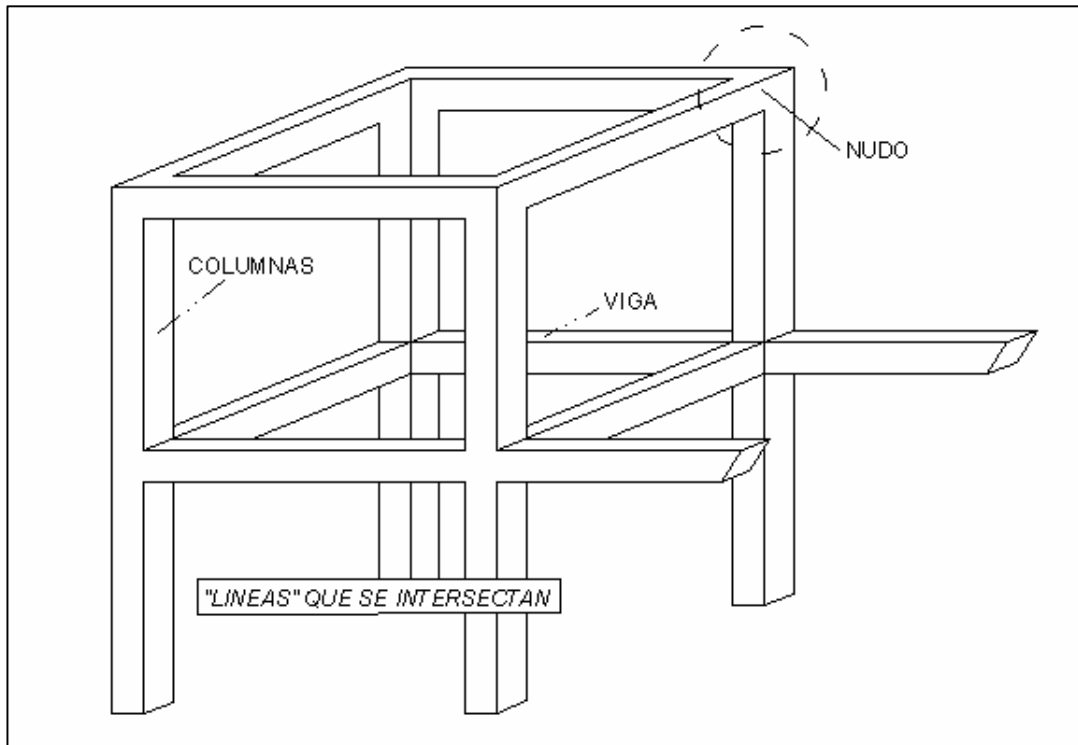
En este sistema se maneja un desperdicio normal que puede estar del orden del 4 al 10%, dependiendo del sistema de construcción de placa empleado.

**1.2.6 Acabados.** El acabado depende del estado de la formaleta empleada y de la mano de obra. Generalmente requiere pañetes.

**1.2.7 Comportamiento estructural.** La resistencia de los pórticos ante cargas horizontales se deriva esencialmente de la continuidad que el nudo le da a la estructura. Esta resistencia no sería eficiente dada sus dimensiones escasas comparada con las alturas de los edificios; a través de los muros de vigas mejoran sustancialmente las condiciones de funcionamiento de las columnas, ya que introducen sobre estas, a nivel de cada piso, fuerzas estabilizadoras (momentos flectores y fuerzas cortantes verticales).

En un sistema de pórticos es necesario que los edificios dispongan de líneas de pórticos que garanticen la resistencia y rigidez en dos direcciones principales, ya que las fuerzas laterales debidas a sismos pueden actuar en una dirección cualquiera aun dentro de un mismo movimiento sísmico. La figura 1-10 muestra la configuración de estas líneas de pórticos, conformando las vigas los elementos horizontales y las columnas los verticales.

Figura. 1-10 Líneas que se Intersectan.



Fuente: autores

Los edificios aporticados de hormigón armado que presentan un buen desempeño sísmico, se caracteriza por tener la capacidad de evitar el desarrollo inesperado de un mecanismo de colapso durante un movimiento sísmico severo y al mismo tiempo por absorber la energía sísmica a través de las deformaciones inelásticas. El comportamiento de las conexiones vigas columnas tienen una incidencia directa sobre la respuesta total y la estabilidad de los edificios aporticados de hormigón armado. Una pérdida sustancial de rigidez y resistencia en esta conexión, puede generar un mecanismo de colapso local o incluso global, por tanto, los principios básicos requeridos para el diseño deben ser los siguientes:

- Prevenir un fallo frágil en las conexiones.

- Mantener la integridad de las conexiones de tal forma, que las columnas y las vigas conectadas, pueden desarrollar su capacidad última y que al mismo tiempo, las columnas preservan su capacidad de transmitir cargas axiales.
- Reducir la degradación de la rigidez de las conexiones minimizando el agrietamiento y previniendo la pérdida de adherencia entre el hormigón y el refuerzo longitudinal de las vigas y las columnas.

Durante los últimos 20 años, se han realizado varios estudios sobre el comportamiento sísmico de las conexiones viga-columna, a partir de los cuales, estas han sido reconocidas como zonas críticas en los pórticos de hormigón armado diseñados para resistir la acción de un sismo severo. La mayoría de estos estudios, se han centrado en la mejora del desempeño de estas conexiones, a través de nuevos conceptos de diseño y el uso de acero de refuerzo transversal (estribos) en las conexiones. Como consecuencia de los momentos cíclicos reversibles que actúan en las regiones de las vigas y las columnas cercanas al nudo, las conexiones experimentan fuerzas cortantes horizontales y verticales, cuya magnitud, generalmente, es mucho mayor que las que se producen en las vigas o en las columnas, por lo tanto, si la conexión no está diseñada para resistir estas fuerzas, se produce el fallo por cortante.

**1.2.8 Posibilidades arquitectónicas.** Las posibilidades arquitectónicas se consideran infinitas ya que el diseñador estructural puede modificar dimensiones de elementos y distribución según el diseño arquitectónico lo requiera, siempre y cuando se respeten las condiciones necesarias para que sea un sistema de pórticos. Esta es su gran fortaleza frente a los sistemas industrializados.

### **1.2.9 Ventajas y Desventajas**

#### ***Ventajas:***

- Entre ellas encontramos la nombrada en el párrafo anterior. Las posibilidades arquitectónicas se hacen enormes, se puede manejar luces muchos mayores y espacios de diversas dimensiones comparando con otros sistemas estructurales
- Este es un sistema convencional en nuestras construcciones, no requiere una capacitación especial, basta con experiencia en la construcción en cuanto a la mano de obra.
- La mejor disposición de parqueo de vehículos en el sótano del edificio.
- El reemplazo de los muros estructurales por elementos de mampostería podría ver reducidos los costos de este sistema frente a al sistema de muros en concreto

#### ***Desventajas:***

- En edificios de altura las columnas y vigas pueden llegar a necesitar de dimensiones considerables lo que resta espacios y no contribuye a la limpieza visual de los espacios.
- La lentitud en cuanto al tiempo ejecución de un proyecto comparado con los sistemas industrializados.
- Al incrementarse la altura de la edificación por efecto de las placas aligeradas el sistema se vuelve más vulnerable frente a los efectos de sismo que se puedan presentar.
- La necesidad de un mayor tiempo en la ejecución de la obra afecta evidentemente los costos totales del proyecto.

## 2. DISEÑO ESTRUCTURAL

El presente capítulo describe el proyecto en estudio, como se modeló la edificación en el sistema constructivo túnel y el aporticado con la herramienta SAP-2000 y las cargas verticales a las que son sometidas los dos tipos de estructuras, también estarán algunos aspectos importantes que considera la norma NSR-98 como lo es el análisis de las estructuras en lo que concierne a la evaluación de fuerzas sísmicas y la elección del método más conveniente para dicho análisis, entre ellos método de fuerza horizontal equivalente y el método de análisis dinámico elástico espectral. Realizados estos estudios y con la ayuda de diferentes software se procede al cálculo de elementos estructurales de cada uno de los dos sistemas.

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El modelo escogido es un edificio de 13 pisos en sistema Túnel, más cuarto de máquinas y tanque elevado. Los 2 primeros pisos están destinados para el uso de parqueaderos y áreas comerciales y a partir de tercer nivel, el tipo de la estructura con un área aproximada de 310 m<sup>2</sup> y 4 apartamentos por piso. El proyecto se localiza en el barrio Tejar moderno vía a Lagos del Cacique, en la ciudad Bucaramanga. Con dicho modelo se elaboró la misma estructura en sistema de pórticos, conservando las plantas y disposición arquitectónica inicial. Entre los datos generales del proyecto encontramos:

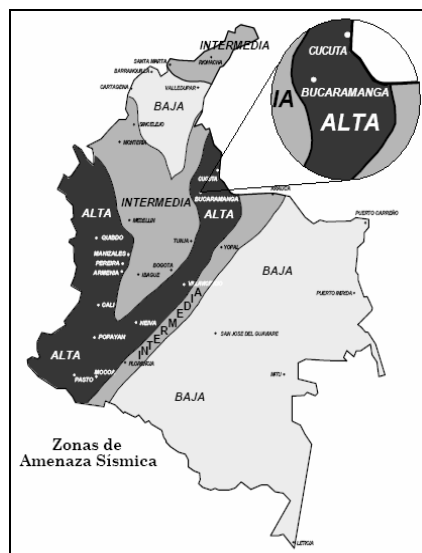
Nombre de la Obra:	UNIDAD RESIDENCIAL CACIQUE IPANA
Dirección:	Circunvalar 35 vía Lagos del Cacique
Grupo de uso:	1.
Sistemas estructurales:	-Muros estructurales de concreto reforzado.

- Sistema tradicional Vigas y columnas.
- Número de placas: 13.
- Tipo de placa:
  - Maciza armada  $t=0.10$  ,0.12 y 15 cm.
  - (Túnel).
  - Aligeradas con Casetón (tradicional).

**2.1.1 Análisis según ubicación y geometría.** La norma sismorresistente de Colombia enuncia parámetros importantes que deben ser tenidos en cuenta, entre ellos esta: el suelo, la resistencia y comportamiento del mismo; la importancia de las estructura (el uso de la edificación); la amenaza sísmica etc. Vistos a continuación.

**Amenaza Sísmica:** la norma (NSR-98) establece que para efectos del diseño sísmico de la estructura, ésta debe localizarse dentro de una de las zonas de amenaza sísmica, baja, intermedia o alta.

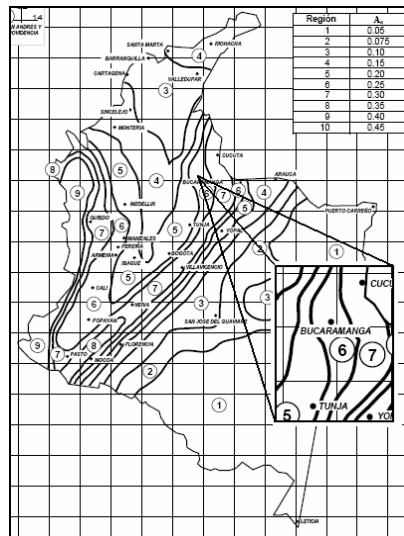
Figura 2-1: Zonas de Amenaza Sísmica.



Fuente: autores

El edificio en estudio se encuentra localizado en zona de amenaza sísmica alta (fig. 2-1) y pertenece a una región 6 (fig. 2-2)), donde la aceleración pico efectiva  $A_a = 0.25$  (fig. 2-2), y es determinada según la tabla 4-2.

Figura 2-2: Mapa de Valores de  $A_a$ .<sup>5</sup>



Fuente: autores

Tabla 2-1: Valores de  $A_a$  y nivel de amenaza sísmica según la región<sup>6</sup>.

Región N°	$A_a$	Amenaza sísmica
10	0,45	Alta
9	0,4	Alta
8	0,35	Alta
7	0,3	Alta
6	0,25	Alta
5	0,2	Intermedio
4	0,15	Intermedio
3	0,1	Baja
2	0,075	Baja
1	0,05	Baja

Fuente: NSR-98

<sup>5</sup> AIS. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR – 98. Pág. 21

<sup>6</sup> AIS. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR – 98.

**Efectos Locales:** según tipos de suelo y los valores del coeficiente de sitio, para tomar en cuenta los efectos locales se utiliza el coeficiente S cuyos valores se dan en la tabla 2-2. Determinado por el ingeniero geotecnista el tipo de perfil de suelo es S2.

Tabla 2-2: Valores del coeficiente de sitio, S.<sup>7</sup>

Tipo de perfil de suelo	Coeficiente de Sitio, S
1	1,0
S2	1,2
S3	1,5
S4	2,0

Fuente: NSR-98

El Perfil de suelo S2: Son perfiles en donde entre la roca y la superficie existen más de 60 m de depósitos estables de suelos duros, o densos, compuestos por depósitos estables de arcillas duras o suelos no cohesivos, con una velocidad de la onda de cortante mayor o igual a 400 m/s, o perfiles en donde entre la roca y la superficie existen menos de 60 m de depósitos estables de suelos de consistencia media compuestos por materiales con una velocidad de la onda de cortante cuyo valor está entre 270 y 400 m/seg. Según la NSR-98.

- **Caracterizaciones Geotécnicas<sup>8</sup>:** según micro-zonificación Sismo Geotécnica del área metropolitana de Bucaramanga, en su mapa de Zonificación geotécnica se aprecia que el edificio esta ubicado sobre la zona llamada: “Zona 3A” Limos Rojos del Abanico Aluvial de Bucaramanga.

<sup>7</sup> AIS. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR – 98, Pág. 15

<sup>8</sup> Micro-zonificación área metropolitana de Bucaramanga; Mapa de Zonificación Geotécnica

- *Problemas Geotécnicos:* esta zona no presenta limitaciones geotécnicas importantes, sin embargo, debe tenerse en cuenta que en algunos sectores los niveles freáticos se encuentran poco profundos y algunas áreas han sido rellenadas con suelos sueltos y basuras.
  
- *Observaciones especiales:* el área metropolitana de Bucaramanga ante el panorama evolutivo de esta zona hace las siguientes recomendaciones principalmente:
  - Teniendo en cuenta que esta área está siendo utilizada para la construcción de edificios en altura con sótanos profundos, se recomienda establecer normas y procedimientos constructivos para el manejo de estas excavaciones.
  - Se recomienda identificar áreas de relleno con suelos sueltos o basuras y regular su utilización para obras de ingeniería.

**Coeficiente de importancia.** A su vez también las edificaciones deben pertenecer a un grupo según su uso y valores de importancia: Grupo IV (edificaciones indispensables), Grupo III (Edificaciones de atención a la comunidad), Grupo II (estructuras de ocupación especial), Grupo I (Estructuras de ocupación normal). El Coeficiente de Importancia, **I**, modifica el espectro de acuerdo con el grupo de uso a que esté asignada la edificación. Los valores de **I** se dan en la siguiente tabla; La edificación en estudio está clasificada según *su uso como grupo I*.

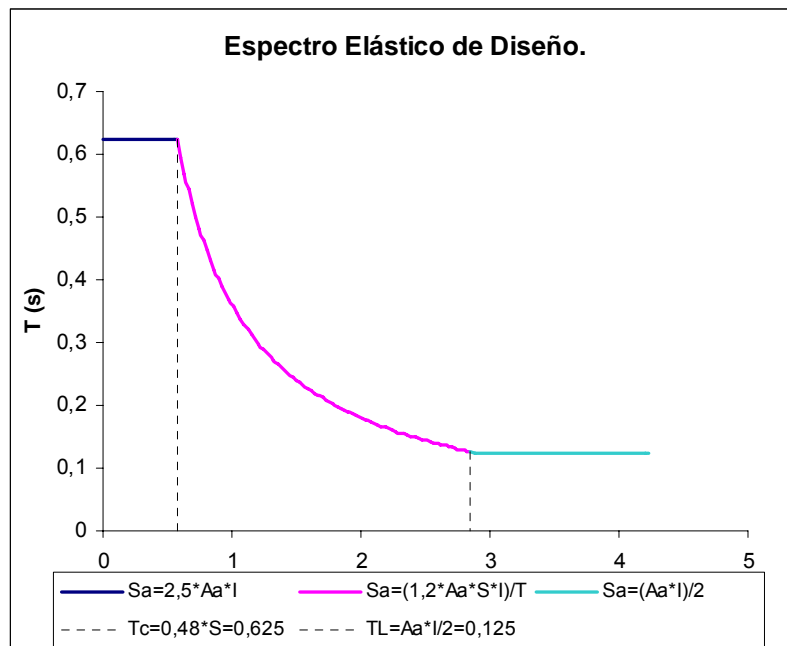
Tabla 2-3: Valores del Coeficiente de importancia, I.<sup>9</sup>

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1,3
III	1,2
II	1,1
I	1,0

Fuente: autores

**Espectro de Diseño.** En la siguiente figura se muestra el espectro de diseño obtenido y aplicado a la estructura según aspectos nombrados anteriormente que caracterizan la edificación y están establecidos en la norma NSR-98.

Figura 2-3. Espectro obtenido.



Fuente: autores

<sup>9</sup> AIS. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR – 98, Pág. 16

**Coeficiente de disipación de energía,  $R$**  . Siendo  $\phi_a$  el coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en altura de la edificación,  $\phi_p$  el coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en planta de la edificación. Se obtiene el coeficiente de disipación de energía a partir de la siguiente ecuación.

*Ecuación 2-1: Coeficiente de disipación de energía.*

$$R = \phi_a * \phi_p * R_0$$

$$\Phi_a=1$$

$$\phi_p=0.9$$

$$R_0=7$$

$$R=6.3$$

$$R \text{ utilizado} = 7$$

## 2.2 CONSTRUCCION DE LOS MODELOS EN SAP 2000

La construcción de los modelos (Túnel y Tradicional) en este software son muy similares. Ambos parten de tomar como referencia los planos arquitectónicos de cada una de las estructuras. Asignando inicialmente un punto (0, 0, 0) de referencia, (indispensable mas adelante a la hora de asignar el Master Joint para cada uno de los niveles de piso, donde se va a concentrar la masa de cada uno de ellos), una grilla donde se definen los ejes del edificio, posteriormente la asignación de las propiedades de los materiales, las secciones transversales de los elementos que van a conformar la estructura y finalmente la construcción del modelo con la asignación de cargas, la combinación de las mismas, las masas rotacional y

traslacional, los constreñimientos de piso y demás consideraciones indispensables en el análisis dinámico – estructural de las dos estructuras.


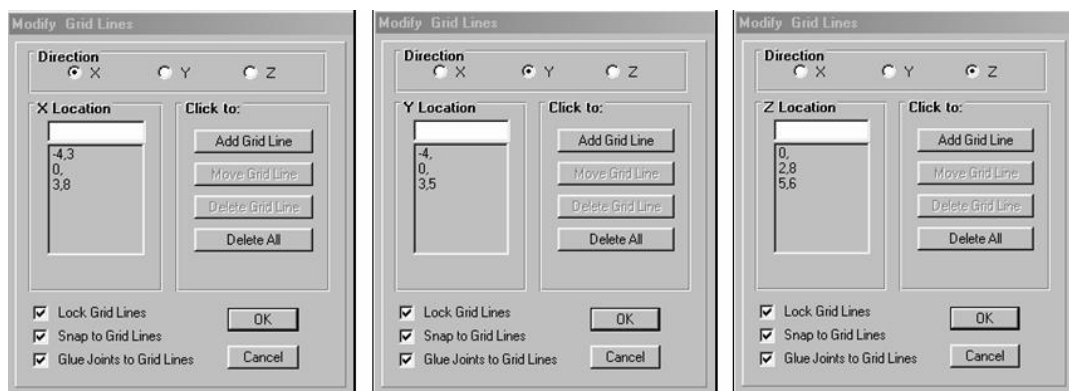
**2.2.1 Sistema muros.** Como ya se mencionaba, el modelo parte de los planos arquitectónicos del edificio de donde se toman los ejes principales de la estructura para construir la grilla de trabajo en el SAP-2000. Este procedimiento se inicia con el icono  donde se comienzan a asignar valores en X, Y y Z a partir del punto (0,0,0) arbitrario (dentro de la estructura o cerca de ella) definiendo así la grilla en 3D sobre la cual se trazara la estructura como se muestra en la siguiente figura.

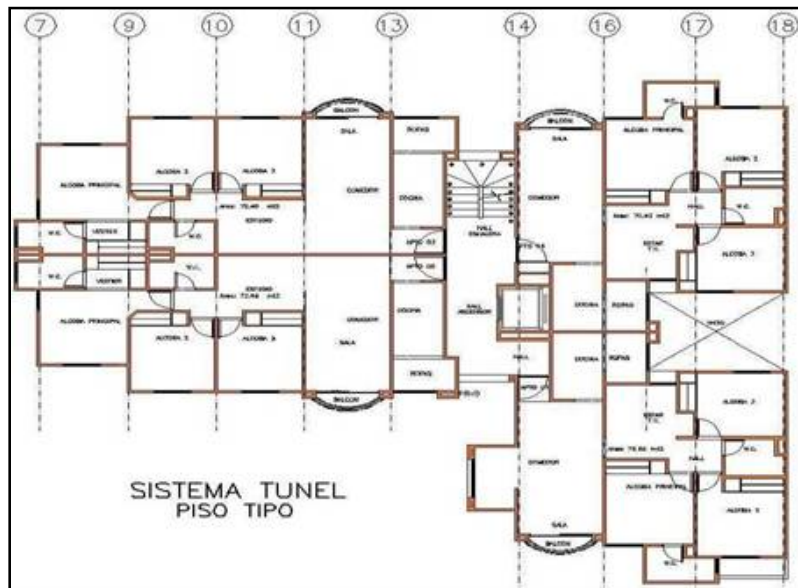
Figura 2-4. Edición de la malla para la creación del modelo



Fuente: autores

En la siguiente figura se presenta la planta arquitectónica del piso tipo del proyecto con una distribución de 4 apartamentos por nivel del piso tipo. Se definen los ejes principales longitudinales donde se ubicaran los muros estructurales

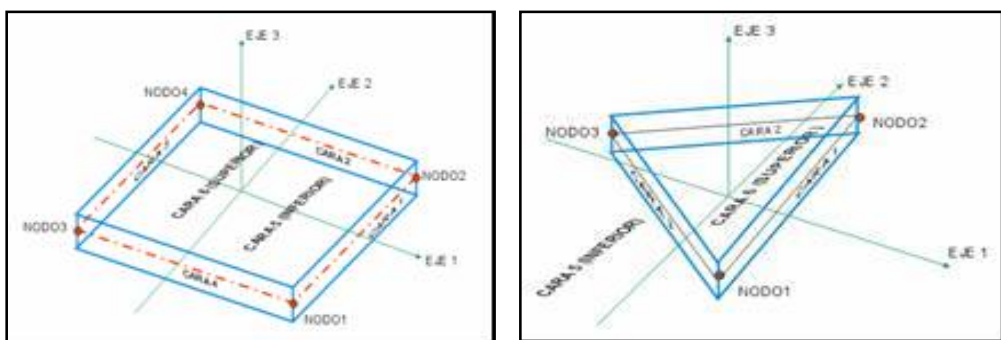
Figura 2-1: Planta piso tipo - sistema túnel



Fuente: autores

**Elementos shell.** A diferencia de la construcción del modelo en sistema tradicional, el modelo de muros estructurales será construido con elementos shell. El elemento shell se puede utilizar para modelar muros, placas, vigas de gran altura, etc. El software puede generar elementos Shell de 4 nodos o de 3 nodos como vemos a continuación.

Figura 2-5. a) Elemento shell de 4 nodos b) Elemento shell de 3 nodos

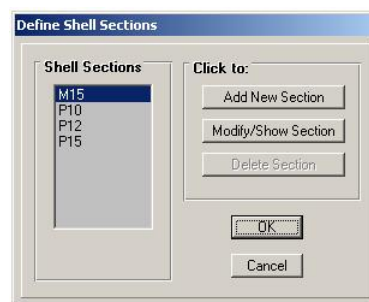


Fuente: autores

Se puede modelar tres tipos diferentes de elementos shell en el SAP-2000: Elemento Membrana, Elemento plato y Elemento Shell que es la combinación de los elementos anteriormente descritos, es decir permite rotaciones y desplazamientos alrededor de todos los ejes locales del elemento ( se recomienda utilizar siempre este elemento).

Para la edificación se definieron placas de 10, 12 y 15 cm. respectivamente, por consiguiente se crearon tres tipos de elementos shell para las placas y uno para los muros, los cuales finalmente se definieron para el de 15 cm.

Figura 2-6. Tipos de elementos shell para el modelo.



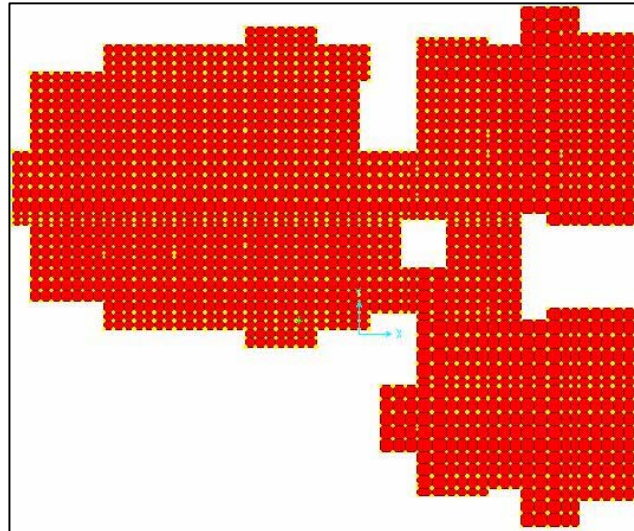
Fuente: autores

#### - *DIVISION DE LOS ELEMENTOS SHELL:*

SAP-2000 es un software que trabaja la estructura bajo el análisis por elementos finitos, por ende para la manipulación de los elementos shell la recomendación que se hace es que los elementos estén divididos en cuadros de dimensiones similares para que de esta manera el análisis sea mas preciso. Vale la pena aclarar que entre mas pequeña sea la dimensión de los elementos, los resultados van a ser más exactos pero el proceso de análisis del modelo va a ser mucho mas demorado. Debe tenerse en cuenta que las divisiones de los shell deben conformar una cuadrícula ordenada donde los nodos de un elemento coinciden con los de sus elementos vecinos. Si no se toma en cuenta esta consideración, es muy posible que a la hora de obtener

los resultados del análisis, estos no sean los más lógicos. En la siguiente grafica se presenta la correcta división de los elementos en una de las placas del piso tipo de la estructura.

Figura 2-7. Piso tipo – división correcta de los elementos shell



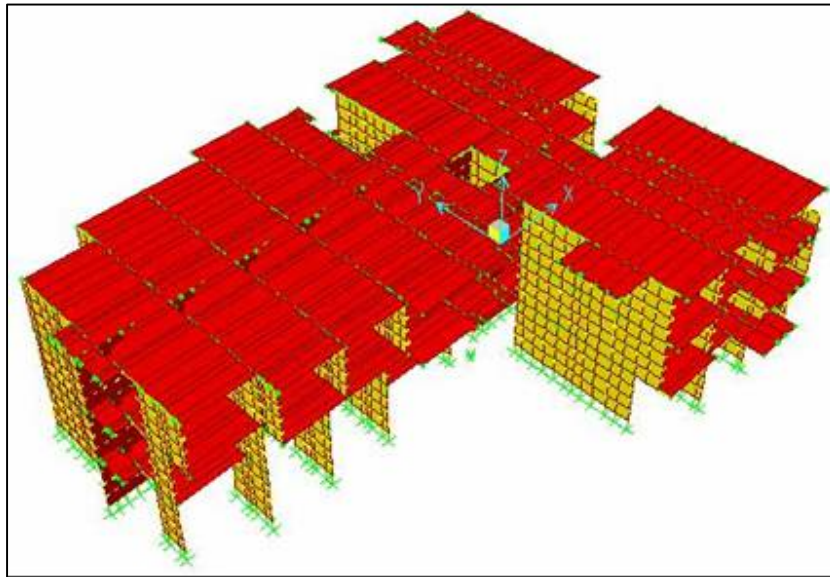
Fuente: autores

#### - *MULTIPLICACION DE LOS ELEMENTOS SHELL*

Mediante la herramienta “Replicate” el SAP permite copiar y pegar los elementos seleccionados en cualquier lugar del sistema de coordenadas. Es la unión de los comandos Copy y Paste. Esta operación se puede realizar en forma Lineal, Radial o de Espejo.

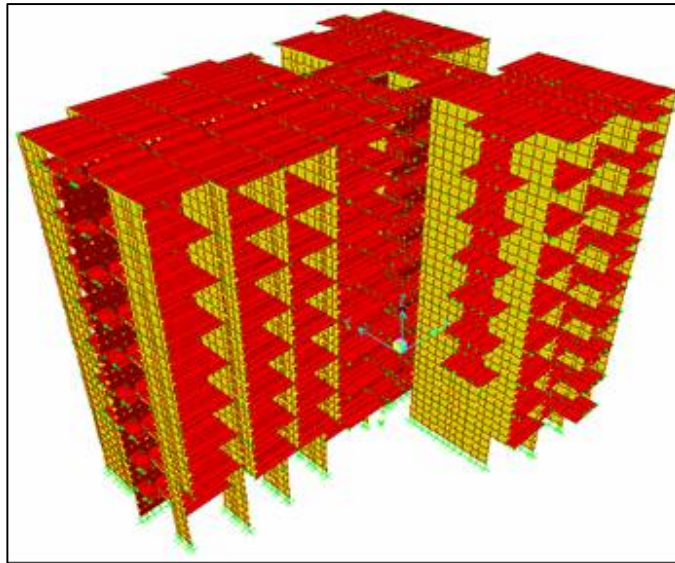
Introduciendo la distancia a la cual se va multiplicar el elemento y el numero de veces que se desea que se haga esta operación. Para el estudio realizado la aplicación de esta herramienta se desarrollo en la direccion Z a 2.5 metros, correspondiente a la distancia entre ejes de cada uno de los pisos en el sistema tunel.

Figura 2-8. Construcción del modelo hasta piso tipo



Fuente: autores

Figura 2-9. Utilización de la herramienta Replicate hasta el piso 10

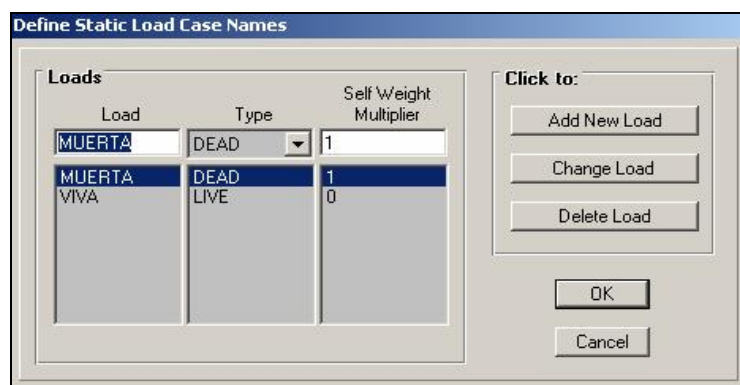


Fuente: autores

**Cargas.** Antes de definir las cargas de sismo en la estructura el proceso primario que debe cumplirse es la asignación de las cargas viva y muerta sobre los elementos shell. Aca se adicionan las cargas viva y muerta respectivamente y se les asigna un valor de 1 o 0 dependiendo si se desea

o no tener en cuenta el peso propio de los materiales. Esta operación se aplica para la carga muerta exclusivamente. En este caso en particular se aplicará la carga por peso propio de la estructura al hacer la aplicación de las cargas, por ello el valor tomado fue de 1 (fig-11).

Figura 2-10. Definición de las cargas verticales.



Fuente: autores

Definidas la cargas verticales, se asignan los valores de estas cargas sobre los elementos shell a partir del analisis de cargas para cada uno de los pisos de la estructuran (2-12).

Figura 2-11. Aplicación de cargas sobre el elemento shell



Fuente: autores

Análisis modal de la estructura. Una vez distribuidos los efectos de las cargas verticales sobre los elementos (Carga Viva y Carga Muerta) se continúa con el análisis modal de la estructura. Para el análisis dinámico se crea el espectro de aceleraciones:

S: 1.2

I: 1.0

Aa: 0.25 (B/manga)

$T_c = 0.48 \cdot S$

$T_c = 0.58$  seg.

Para  $T < 0.58$   $S_a = 2.5 \cdot 0.25 \cdot 1.0$

$S_a = 0.625$

Para  $T > 0.58$   $S_a = [1.2 \cdot 0.25 \cdot 1.2 \cdot 1.0] / T$

Con los datos anteriores se genera la tabla de valores utilizando la hoja de cálculo Excel (fig 2-13) y obteniendo la grafica mostrada anteriormente.

Figura 2-12. Creación del espectro de diseño

	A	B	C	D	E
1	T	Sa			
2	0	0.625			
3	0,0288	0,625			
4	0,0576	0,625			
5	0,0864	0,625			

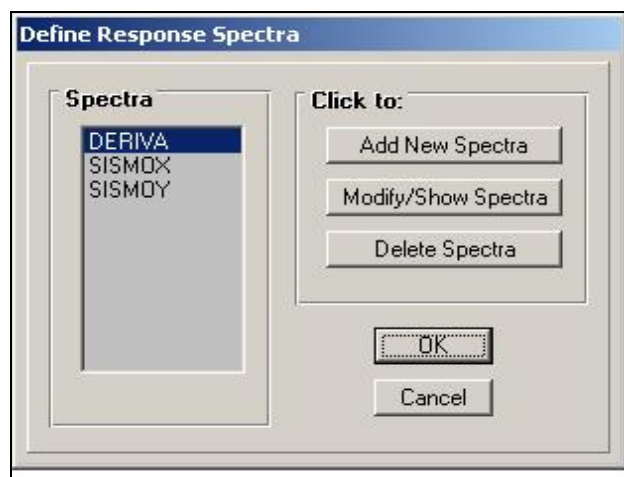
Fuente: autores

1. En la columna A de la hoja se escriben los valores de periodo y en la columna B se escriben los valores de Sa.
2. En el siguiente paso se eliminó las hojas del libro dejando solamente la hoja en la cual se esta creando la tabla.

3. Guardar el archivo de Excel como Archivo de texto delimitado por tabulaciones en la carpeta en la cual se esta guardando el modelo de SAP2000, para posteriormente cargar el espectro en dicho programa.

Asi se obtiene y se carga el espectro de diseño mostrado anteriormente en la herramienta SAP-2000. Posteriormente se continua con la definición de los casos de espectro de respuesta, definiendo los 3 espectros a considerarse dentro del modelo. SISMO X, SISMO Y y DERIVA.

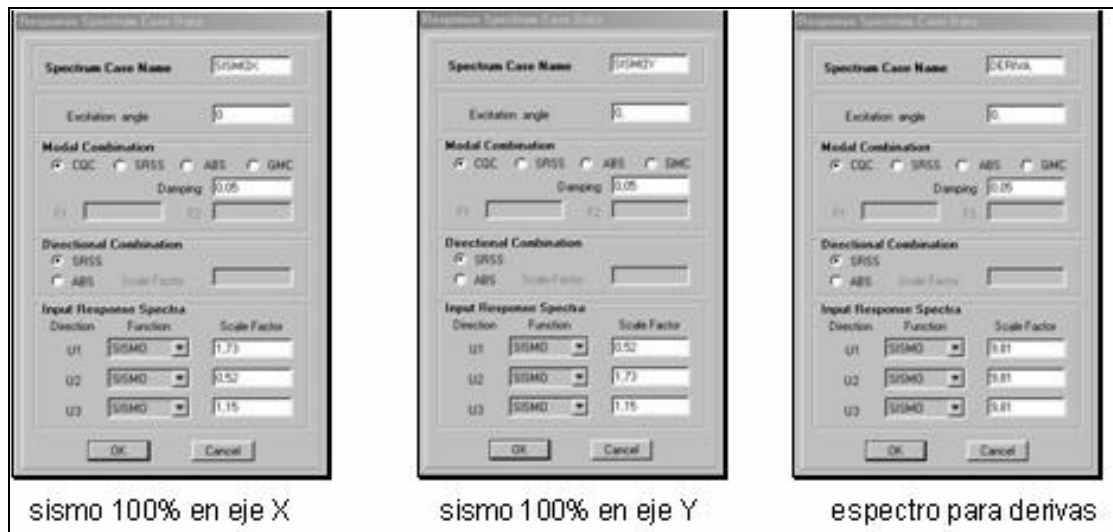
Figura. 2-13. Definición de los 3 espectros de respuesta



Fuente: autores

Estos 3 espectros son los tenidos en cuenta en las combinaciones con las cargas estaticas (Viva y Muerta) ya definidas con anterioridad.

Figura 2-14. Definición de los espectros de respuesta



Fuente: autores

El cuadro correspondiente a U1 se despliega y se selecciona el espectro de aceleración definido anteriormente. El factor de escala lo determinamos de la siguiente forma

- $9.81/(R_o \cdot \varnothing_a \cdot \varnothing_p)$

Donde:

$R_o$ : coeficiente de capacidad de disipación de energía básico. Véase capítulo A.3 NSR –98.

$\varnothing_a$ : coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía por irregularidades en altura de la edificación. Véase A.3.3.3. NSR–98.

$\varnothing_p$ : coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía por irregularidades en planta de la edificación. Véase A.3.3.3. NSR –98.

Para SISMO en X

$$U1=9.81/(7*0.9) = 1.57$$

$$U2=30\% \text{ de } U1 = 0.47$$

$$U3=2/3 \text{ de } U1 = 1.05$$

Para SISMO en Y

$$U2=9.81/(7*0.9*0.9) = 1.57$$

$$U1=30\% \text{ de } U2 = 0.47$$

$$U3=2/3 \text{ de } U2 = 1.05$$

Para DERIVAS

$$U1=9.81$$

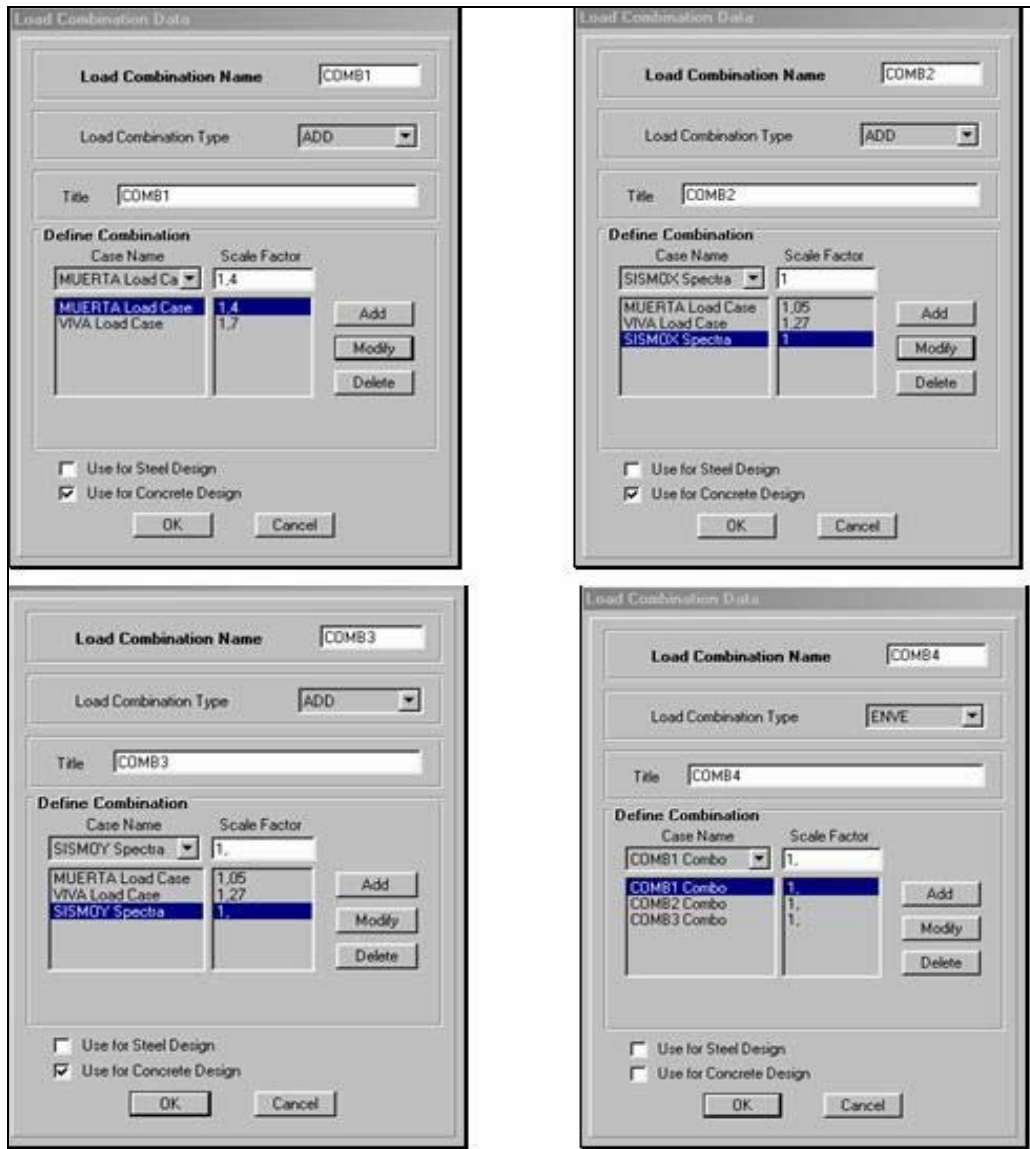
$$U2=9.81$$

$$U3=2/3 \text{ de } U1.$$

A continuacion se definen las combinaciones de carga. Las combinaciones utilizadas fueron 4 en total definidas a partir de la NSR – 98 fig(2-17).

1. Combo1=1.4 carga muerta + 1.7 carga viva
2. Combo2=1.05 carga muerta + 1.27 carga viva + SISMOX
3. Combo3=1.05 carga muerta + 1.27 carga viva + SISMOY
4. Envolverte=Combo1 + Combo2 + Combo3.

Figura 2-15. Elaboración de las 4 combinaciones de carga.



Fuente: autores

Es importante anotar que cuando se están definiendo los combo 1, 2 y 3 en la opción *Load Combination Type* se debe seleccionar *Add* y activar la opción *Use for Concrete Design*, mientras cuando se define el combo 4, el

cual es la envolvente, se debe seleccionar *Env*, y desactivar la opción *Use for Concrete Design*.

- *ASIGNACION DE MASAS POR PISO*: antes de iniciar con este procedimiento se deben obtener los siguientes valores:

*Peso por metro cuadrado de piso*: Este valor, según la norma sismo-resistente debe ser el 100% de la carga muerta y como mínimo el 20% de la carga viva o mas dependiendo de consideración extras que pueda tomar el ingeniero calculista.

*Área de placa*: Con la ayuda del Autocad se puede obtener este valor creando un entorno del perímetro de la figura en bloque. Esto permite obtener además las y Inercias y los centroides de la figura; que son los necesarios para continuar con el procedimiento.

*Masa traslacional por nivel*: Este valor esta definido como:


*Ecuación 2-2: Masa traslacional*

$$MasaTraslacional = \frac{Area * Peso(m^2)}{g}$$

*Masa rotacional por nivel*: Este valor esta definido como:

*Ecuación 2-3: Masa rotacional.*

$$MasaRotacional = \frac{MasaTraslacional * (I_{xx} + I_{yy})}{Area}$$

Una vez definidas las masas se continúa el proceso con la creación del Master Joint. Este “nodo maestro” es un punto que se define en el centroide de cada uno de los niveles de la estructura. Este procedimiento comienza con la aplicación del icono  sobre cada nivel de piso. Inicialmente las coordenadas de este punto son arbitrarias pero posteriormente se editan para colocarlas en el centroide da cada uno de los niveles a partir del punto

de coordenadas (0,0,0) definido en el SAP. Una vez definidos los master joint en cada piso se continúa con la asignación de cargas a cada uno de ellos. Estos valores se asignan colocando el valor de masa traslacional en las casillas “Direction 1 y Direction 2” que corresponden a la dirección X y Y respectivamente. El valor de la masa rotacional se inserta en la casilla “Rotation about 3” correspondiente a la rotación sobre el eje Z, figura (2-18).

Figura 2-16. Asignación de las masas Rotacional y Traslacional sobre cada Master Joint.

Masses in Local Directions	
Direction 1	32786.05
Direction 2	32786.05
Direction 3	0.

Mom. of Inertia in Local Directions	
Rotation about 1	0.
Rotation about 2	0.
Rotation about 3	2907101.2

**Options**

- Add to existing masses
- Replace existing masses
- Delete existing masses

Buttons: OK, Cancel

Fuente: autores

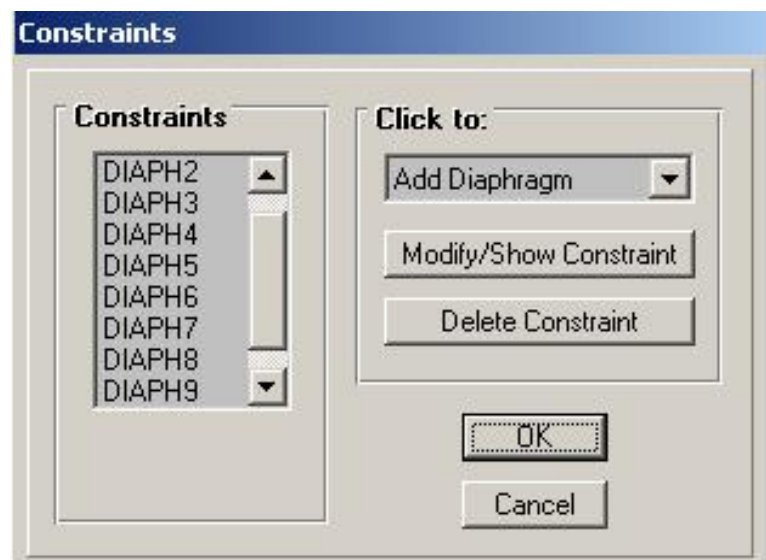
Una vez asignadas las masas a cada master joint se continúa con la asignación de los constreñimientos “constraint” de Diafragma para cada piso.

- **CONSTREÑIMIENTOS:** los constraint son utilizados para modelar cierto tipo de comportamiento de cuerpo rígido, para conectar diferentes partes de la estructura y/o imponer algunas condiciones de simetría. Un constraint consiste en un grupo de dos o más nodos restringidos. El desplazamiento de los nodos restringidos se rige por las ecuaciones de constraint.

Se definió (fig. 2-19) para el análisis constraints de diafragma (Diaphragm) el cual permite que los nodos restringidos se muevan como un diafragma plano y que no se permitan deformaciones de membrana. Este tipo de constreñimiento se utiliza especialmente para:

- Modelar entresijos de concreto en estructuras de edificios.
- Modelar diafragmas en superestructuras de puentes.

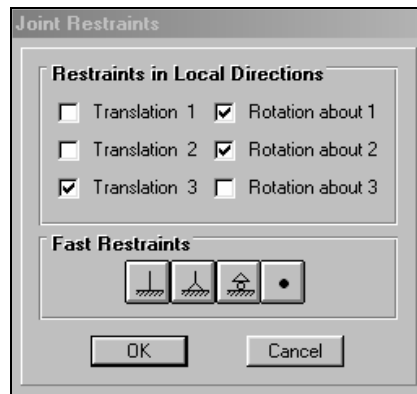
Figura. 2-17: Asignación de constreñimiento de diafragma para todos los niveles



Fuente: autores

Finalizado este proceso se asignan las restricciones (fig. 2-20) de movimiento a los master joints de cada nivel restringiendo su movimiento traslacional en la dirección 3 o eje Z y la rotación en 1 y 2 ; ejes X y Y respectivamente.

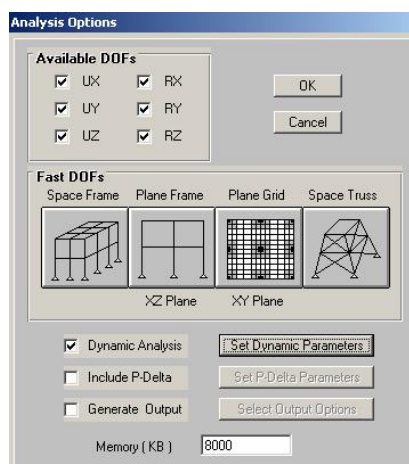
Figura 2-18: Selección de las restricciones para los master joint



Fuente: autores

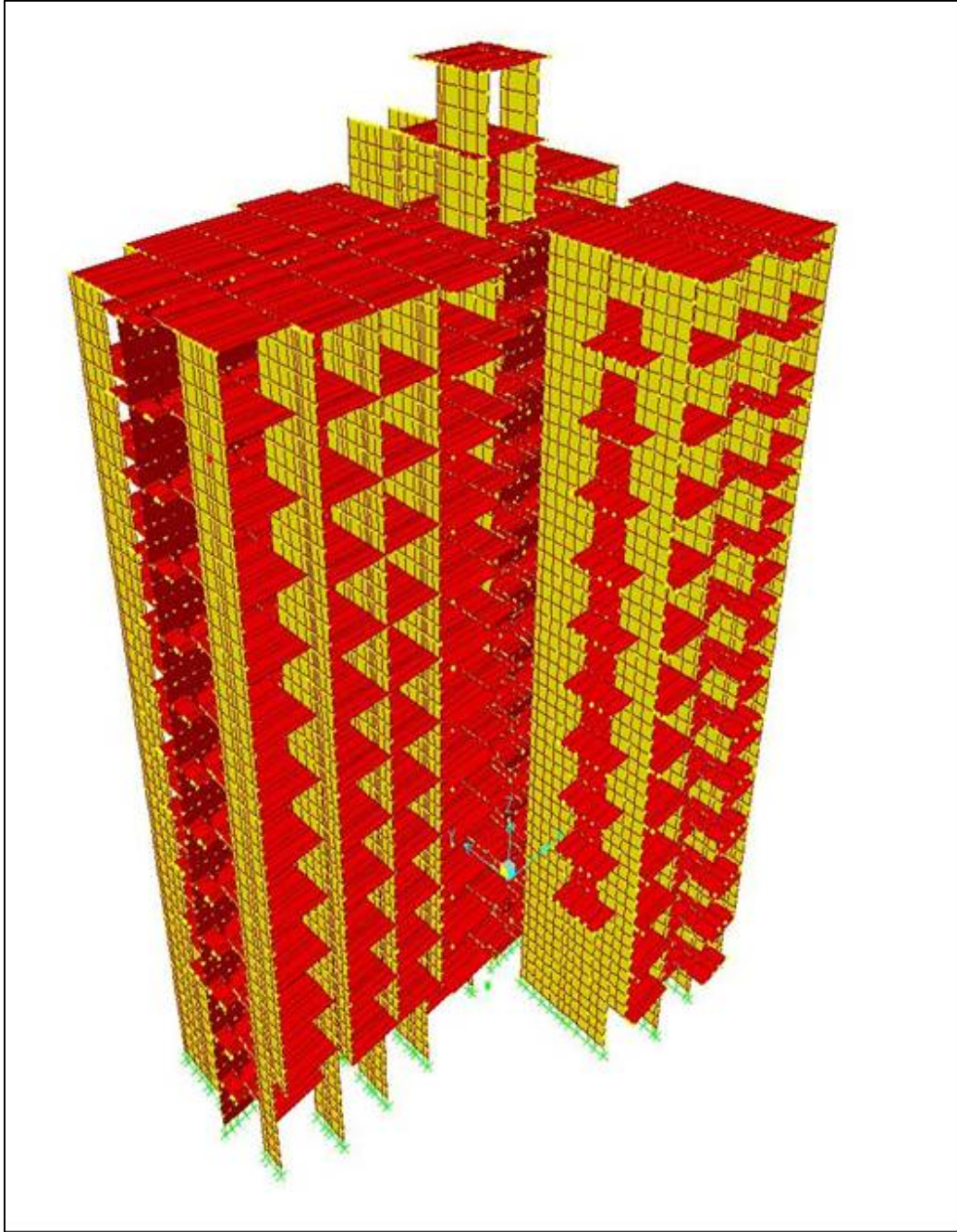
Para culminar con el Analisis Modal de la edificación se asignan los parametro dinámicos de la estructura “Set Dynamic Parameters”. Dentro de esta opción se asignan los modos de vibración de la estructura, que según la norma sismoresistente define 3 por cada nivel. Esto equivaldría a 45 modos de vibración en la estructura teniendo en cuenta los 2 niveles extras de la estructura por el cuarto de máquinas y el tanque elevado (fig 2-21).

Figura 2-19. Menú – Parámetros dinámicos de la estructura



Fuente: autores

Figura 2-20. Modelo final – Sistema túnel



Fuente: autores

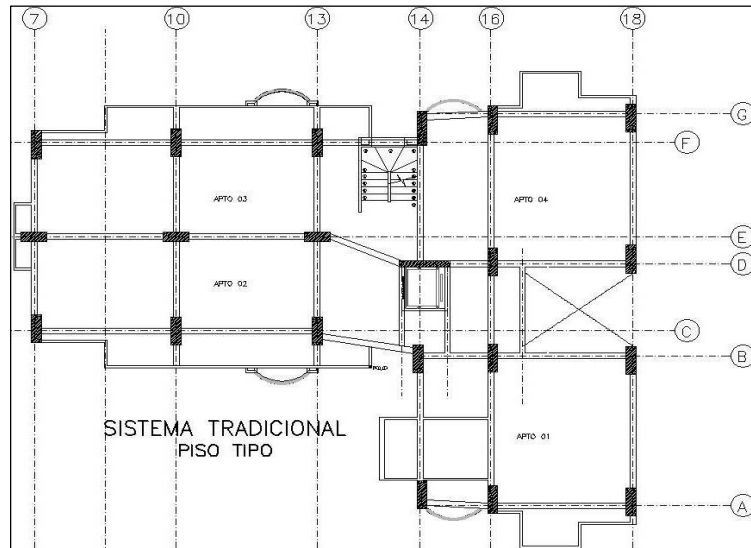
**2.2.2 Sistema pórticos estructurales.** El proceso para la desarrollo del modelo en este sistema es realmente mucho mas rápido tanto en su construcción como en el análisis del mismo; pues cabe decir que además de las complicaciones que trae el sistema túnel a la hora de generar una correcta división de los elementos shell que generen los resultados esperados, el análisis de la estructura es cada vez mas demorado a medida que crece la introducción de estos elementos de “cascaron” en muros y placas. Se puede decir que mientras el análisis del modelo en sistema tradicional no se empleaba más de 10 minutos, en el sistema túnel el software empleaba fácilmente 2 horas.

En cuanto a la utilización de comandos dentro del desarrollo del modelo, se puede decir que es prácticamente el mismo para los 2 sistemas. La gran diferencia se ve reflejada en que en el sistema de vigas y columnas desaparecerán los elementos Shell y vendrán a ser protagonistas los elementos Frame.

**Construcción del modelo.** Como ya se había descrito en capítulos anteriores, la creación del modelo en sistema tradicional parte de una distribución lógica de columnas que pasaran a remplazar los muros estructurales definidos por el arquitecto en los planos de la edificación en sistema túnel.

La ubicación de las columnas se hizo sobre los planos arquitectónicos originales del sistema túnel, buscando la conservación y la funcionalidad de los espacios en el mismo perímetro del sistema original. Para efectos de una mayor comprensión del dibujo, se conservaron los ejes arquitectónicos principales definidos en el modelo inicial (fig. 2-23).

Figura 2-21. Planta piso tipo – sistema tradicional

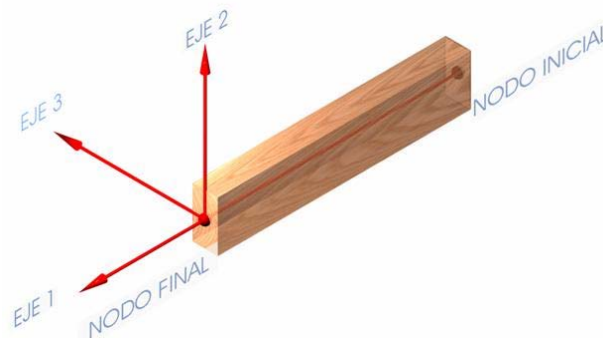


Fuente: autores

**Elementos frame.** Los elementos Frame son utilizados para modelar vigas y columnas. Cada elemento se compone de un nodo inicial y un nodo final y posee ejes locales que se presentan a continuación.

El eje 1 siempre va del nodo inicial al nodo final y es axial al elemento.  
El eje 2 es ortogonal al eje 1 y por defecto tiene la misma dirección del eje Z.  
El eje 3 resulta de implementar la regla de la mano derecha

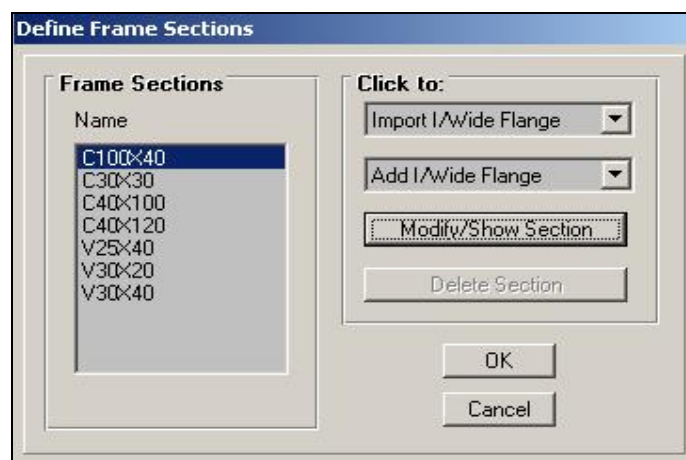
Figura 2-22. Elemento frame con sus ejes locales



Fuente: Manual Siterra

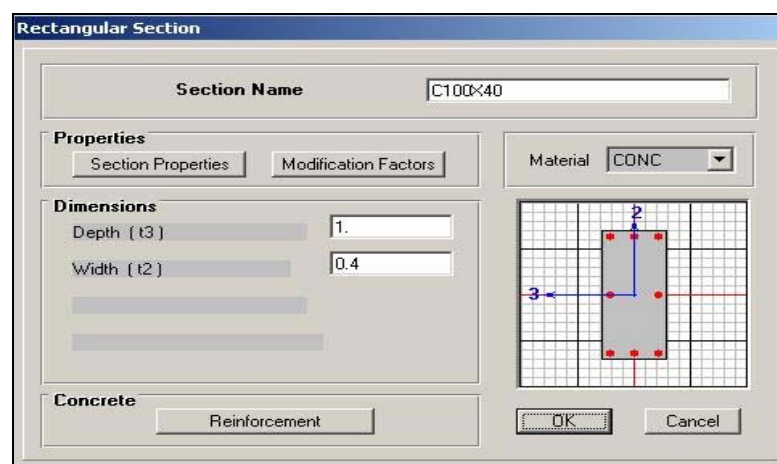
Se pueden crear un sin numero de secciones transversales para los elementos frame; desde una simple sección rectangular o cuadrada hasta cualquier tipo de perfil de estructura metálica y hasta una viga de sección variable en toda su longitud introduciendo el número deseado de secciones que se quiera, hagan parte de la estructura como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 2-23. Tipos de sección creadas para el modelo



Fuente: autores

Figura. 2-24. Ejemplo de sección rectangular

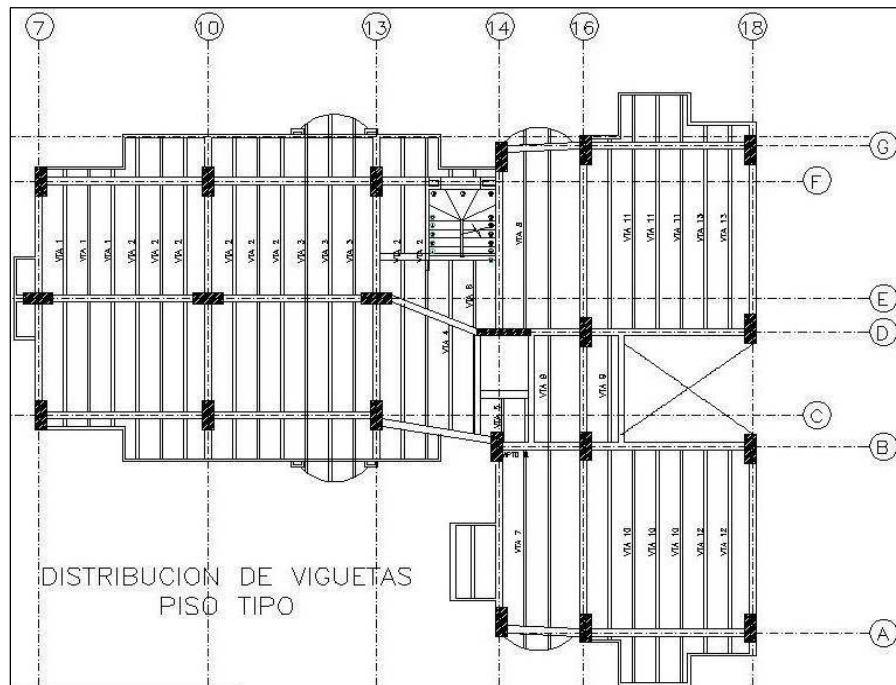


Fuente: autores

Inicialmente se definen secciones arbitrarias para vigas y columnas que se varían hasta que la estructura cumpla con los requisitos de deriva.

**Cargas.** Una vez construido el modelo en elementos frame se debe definir la distribución de las viguetas en la estructura antes de proceder con la asignación de las cargas vivas y muertas sobre las vigas “cargueras” de la edificación como se muestra en la siguiente figura.

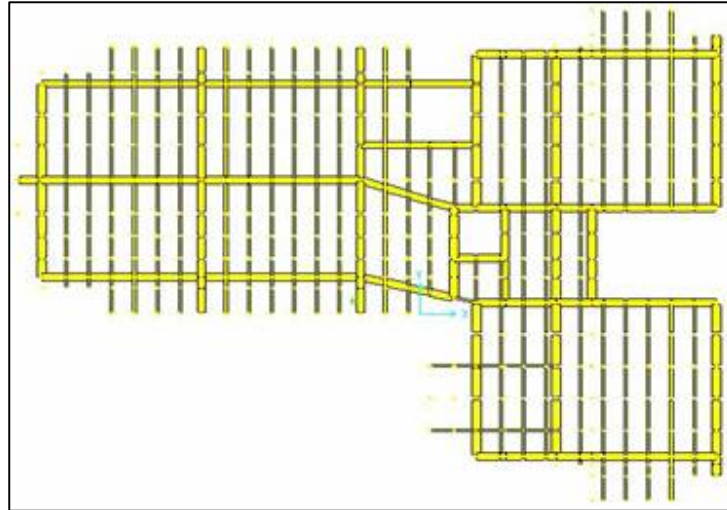
Figura 2-25. Distribución de viguetas piso tipo



Fuente: autores

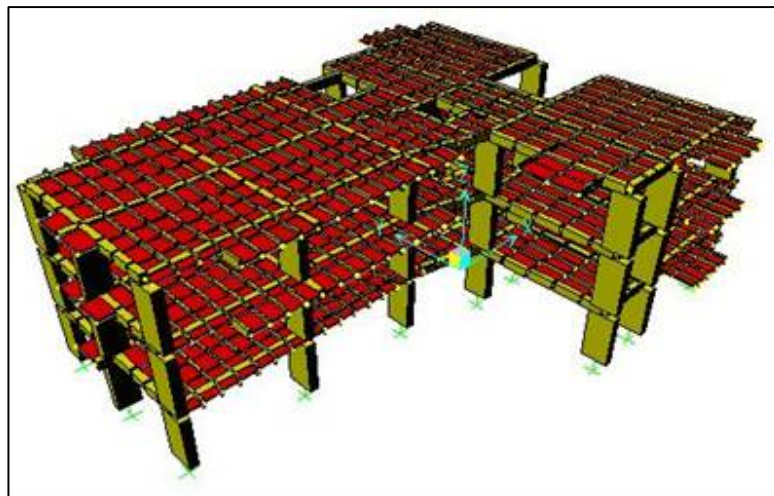
De igual forma se debe crear un modelo en SAP de la estructura tradicional con viguetas, para proceder mas adelante con el diseño de estos elementos. Este modelo se analiza únicamente para los efectos sufridos por cargas verticales ya que las viguetas no son consideradas elementos estructurales. Este modelo se arma a partir de una combinación de elementos shell y frame como se observa en las siguientes graficas.

Figura 2-26. : Modelo sap viguetas en planta – piso tipo



Fuente: autores

Figura 2-27. Modelo sap viguetas - vista 3D

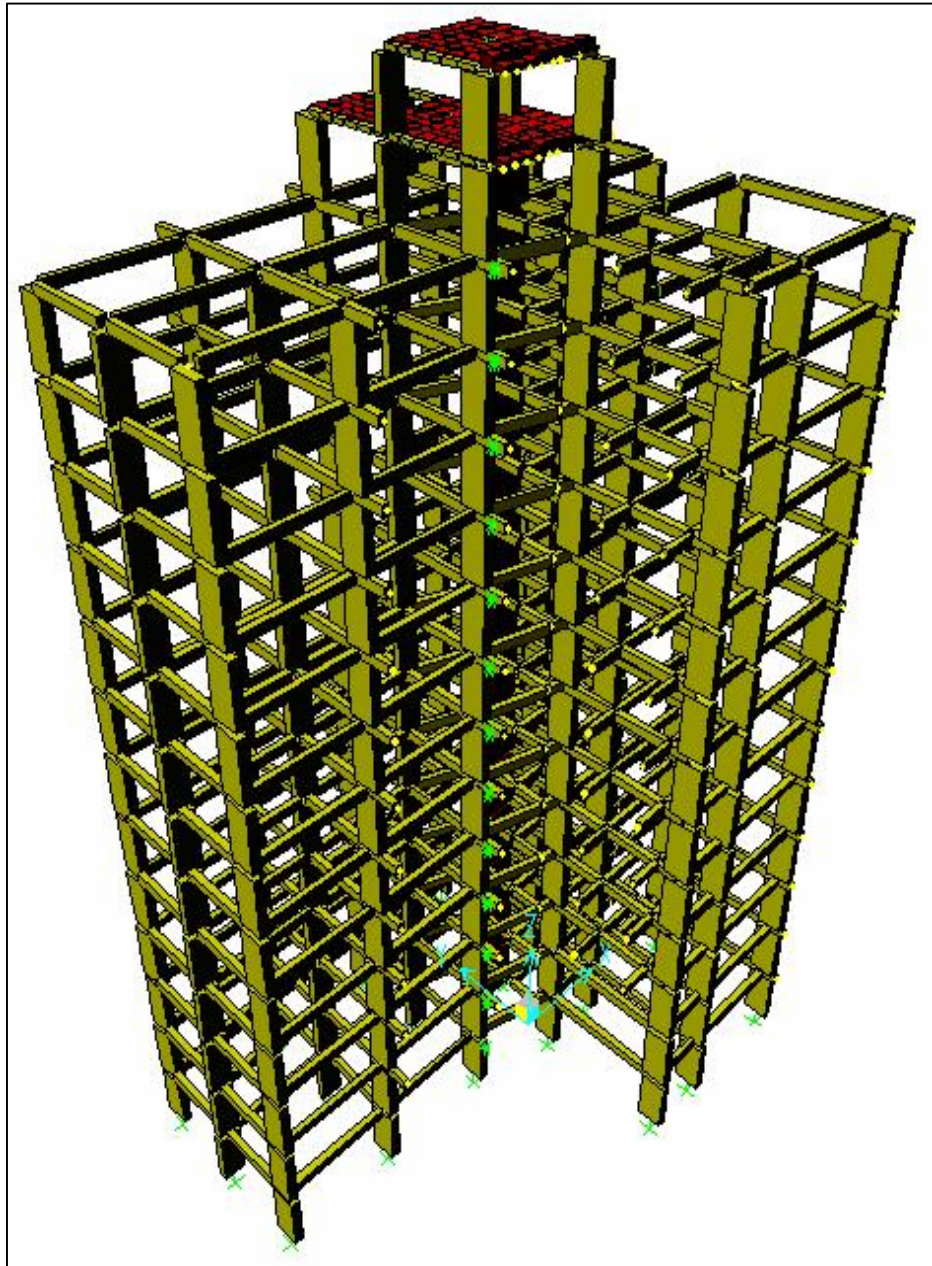


Fuente: autores

Definida la dirección de armado de la placa se desarrolla el mismo procedimiento para la asignación de las cargas distribuidas sobre las vigas cargueras del modelo

**Análisis modal de la estructura.** El procedimiento desarrollado para el análisis modal de la estructura en el sistema tradicional es igual al desarrollado para la estructura en sistema túnel.

Figura 2-28. Modelo final - Sistema Tradicional



Fuente: autores

## 2.3 CARGAS VERTICALES

De acuerdo a la Sección B.4.2.1. De NSR-98 las cargas vivas para los dos sistemas estructurales utilizadas son mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 2-4. Cargas Vivas Utilizadas

Descripción	Decimal	SI
Viviendas	180 Kg./m2	0,18 APA
Oficina	200 Kg./m2	0,2 APA
Almacenes	350 Kg./m2	0,35 APA
Escaleras	300 Kg./m2	0,3 APA
Cubiertas	200 Kg./m2	0,2 APA

Fuente: NSR-98

### 2.3.1 Análisis cargas muertas sistema muros de carga.

Ayudados de hojas de calculo y a partir de los planos arquitectónicos suministrados por la constructora, se analizaron las cargas muertas, vivas y áreas de los pisos, cubierta, cuarto de maquinas y tanque elevado.

Tabla 2-5. Cargas muros no estructurales piso tipo.

CARGA MUERTA POR MUROS NO ESTRUCTURALES PISO TIPO					
	e (m)	h (m)	LONG (m)	AREA (m2)	VOL (m3)
<b>APTO 02</b>	0,10	2,35	25,90	60,87	6,09
	0,10	1,15	5,80	6,67	0,67
	0,10	1,75	0,85	1,49	0,15
<b>APTO 01</b>	0,10	2,35	30,70	72,15	7,21
	0,10	1,15	5,60	6,44	0,64
	0,10	1,75	0,62	1,09	0,11

Área planta=306,86

CARGA MUERTA POR MUROS NO ESTRUCTURALES PISO TIPO						
	e (m)	h (m)	LONG (m)	AREA (m2)	VOL (m3)	
APTO 03	0,10	2,35	25,90	60,87	6,09	
	0,10	1,15	5,80	6,67	0,67	
	0,10	1,75	0,85	1,49	0,15	
APTO 04	0,10	2,35	25,50	59,93	5,99	
	0,10	1,15	5,60	6,44	0,64	
	0,10	1,75	0,80	1,40	0,14	
				285,48	28,55	
				(Kg.)	W/m2	
Wfriso =	Total Áreas * 2caras * e friso * Gama Mortero=				17985,24	58,6092
Wmuros =	Total Volumen * Gama Muros =				37112,4000	120,9397

Fuente: autores

$$W_{\text{friso}} + W_{\text{muros}} = 179.55 \text{ Kg. /m}^2$$

Tabla 2-6. total de cargas muertas sobre placa piso tipo.

		e placa=	0,1	0,12	0,15
		Total=	<b>179,5</b>	<b>179,5</b>	<b>179,5</b>
W propio	Gama Concreto * e de placa =	2400 Kg./m3 * e placa	<b>240</b>	<b>288</b>	<b>360</b>
=					
Wmortero	Gama Mortero * e de mortero	2100 Kg./m3 * 0.03 m	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>63</b>
=					
Wbaldosín	Gama de baldosín * e baldosín	2400 Kg./m3 * 0.02 m	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
=					
total Carga muerta según espesor de placa (Kg./m2)			<b>530,5</b>	<b>578,5</b>	<b>650,5</b>
			<b>P10</b>	<b>P12</b>	<b>P15</b>

Fuente: autores

A si mismo se evaluaron las cargas muertas (tabla 3-3) para muros no estructurales de los pisos 2 y 3 teniendo en cuenta los muros existentes hallados en los planos de dichos pisos, obteniendo los siguientes resultados:

- Para el segundo piso con un área = 257.28 m<sup>2</sup>
  - W friso = 11327.15 kg/257.28 m<sup>2</sup> = 44.03 kg/m<sup>2</sup>
  - W muros = 23373.48 kg/257.28 m<sup>2</sup> = 90.85 kg/m<sup>2</sup>
  - W friso + W muros = 134.87 kg/m<sup>2</sup>

Tabla 2-7. Total de cargas muertas sobre placa segundo piso

		e placa	0,1	0,12
		total =	<b>134,9</b>	<b>134,9</b>
W p. propio	Gama Concreto * e de placa =	2400 Kg./m <sup>3</sup> * e placa	<b>240</b>	<b>288</b>
=				
W mortero	Gama Mortero * e de mortero =	2100 Kg./m <sup>3</sup> * 0.03 m	<b>63</b>	<b>63</b>
=				
W baldosín	Gama de baldosín * e de baldosín =	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0.02 m	<b>48</b>	<b>48</b>
=				
		total Carga muerta según espesor de placa (Kg./m <sup>2</sup> )	<b>485,9</b>	<b>533,9</b>
			<b>P10</b>	<b>P12</b>

Fuente: autores

- Para el tercer piso con un área = 306.86 m<sup>2</sup>
  - W friso = 15246.6 kg/306.86 m<sup>2</sup> = 49.68 kg/m<sup>2</sup>
  - W muros = 31461.2 kg/306.86 m<sup>2</sup> = 102.52 kg/m<sup>2</sup>
  - W friso + W muros = 152.21 kg/m<sup>2</sup>

Tabla 2-8. Total de cargas muertas sobre placa tercer piso.

		e placa	0,1	0,12	0,15
		Total=	<b>152,2</b>	<b>152,2</b>	<b>152,2</b>
W p.		2400 Kg./m3 * e			
propio =	Gama Concreto * e de placa =	placa	<b>240</b>	<b>288</b>	<b>360</b>
Wmortero		2100 Kg./m3 * 0.03			
=	Gama Mortero * e de mortero =	m	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>63</b>
Wbaldosín	Gama de baldosín * e de baldosín	2400 Kg./m3 * 0.02			
=	=	m	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
total Carga muerta según espesor			<b>503,2</b>	<b>551,2</b>	<b>623,2</b>
de placa (Kg./m2)			<b>P10</b>	<b>P12</b>	<b>P15</b>

Fuente: autores

Para la obtención de la cubierta, cuarto de maquinas y tanque elevado se utilizaron hojas de cálculo similares a la de los pisos 2, 3 y piso tipo del edificio arrojando los siguientes resultados:

- Cubierta: con un área de 306.86 m2

Tabla 2-9. Total de cargas muertas sobre placa cubierta.

		e placa	0,1	0,12	0,15
		2400 Kg./m3 * e			
W p. propio =	Gama Concreto * e de placa =	placa	<b>240</b>	<b>288</b>	<b>360</b>
Acabado de			<b>150</b>	<b>63</b>	<b>63</b>
piso =	Valores mínimos sin análisis =				
	Gama de baldosín * e de	2400 Kg./m3 * 0.02			
W baldosín =	baldosín =	m		<b>48</b>	<b>48</b>
total Carga muerta según espesor			<b>390,1</b>	<b>399,1</b>	<b>471,2</b>
de placa (Kg./m2)			<b>P10</b>	<b>P12</b>	<b>P15</b>

Fuente: autores

- Cuarto de maquinas: con un área de 45.2.
- W muros = 7475 kg/45.2 m<sup>2</sup> = 165.38 kg/m<sup>2</sup>

Tabla 2-10. Total de cargas muertas sobre placa cuarto de maquinas.

		total =	<b>165,376</b>
W p.			<b>Incluido en</b>
propio =	Gama Concreto * e de placa =	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0,2 m	<b>sap</b>
W mortero			
=	Gama Mortero * e de mortero =	2100 Kg./m <sup>3</sup> * 0.03 m	<b>63</b>
W baldosín =	Gama de baldosín * e de baldosín		
=	=	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0.02 m	<b>0</b>
		total Carga muerta según espesor de placa (Kg./m <sup>2</sup> )	<b>228,3762</b> <b>P20</b>

Fuente: autores

- Tanque elevado con un área de planta = 23.6 m<sup>2</sup>.
- W muros = 3744 kg/23.6 m<sup>2</sup> = 158.64 kg/m<sup>2</sup>.

Tabla 2-11. Total de cargas muertas sobre placa tanque elevado.

		total =	<b>158,64</b>
W p.			<b>Incluido en</b>
propio =	Gama Concreto * e de placa =	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0,2 m	<b>sap</b>
W mortero			
=	Gama Mortero * e de mortero =	2100 Kg./m <sup>3</sup> * 0.03 m	<b>63</b>
W baldosín =	Gama de baldosín * e de baldosín		
=	=	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0.02 m	<b>0</b>
		total Carga muerta según espesor de placa (Kg./m <sup>2</sup> )	<b>221,64</b> <b>P20</b>

Fuente: autores

La siguiente tabla resume las cargas hallados por nivel de la estructura sobre las placas que componen el mismo.

Tabla 2-12. Resumen Cargas Muertas- Sistema Túnel.

<b>RESUMEN DE CARGAS MUERTAS SISTEMA TUNEL</b>					
Niveles	Totales				
	Placa de 10 cm	Placa de 12 cm	Placa de 15 cm	Placa de 20 cm,	Unid
Piso Tipo	530,5	578,5	650,5		Kg./m2
2° Piso	485,9	533,9			Kg./m2
3° Piso	503,2	551,2	623,2		Kg./m2
Cubierta	390,1	399,1	471,2		Kg./m2
Cuarto de Maquinas				228,38	Kg./m2
Tanque Elevado				221,64	Kg./m2

**2.3.2 Análisis de cargas muertas sistema aporticado.** En La carga muerta por mampostería se utilizó la misma hoja de cálculo utilizada en el sistema túnel, teniendo en cuenta que se mantuvieron las mismas divisiones de espacios que estaban planteados por los planos arquitectónicos del sistema de muros estructurales. En el análisis de cargas muertas para el sistema tradicional se obtienen los siguientes resultados:

- Para el piso tipo del sistema tradicional con un área = 306.87 se obtuvo.
  - W friso = Áreas de muros\*2 caras\* espesor (e) friso \* gama mortero  
 $= 506.67\text{m}^2 * 2 * 0.015\text{m} * 2100\text{kg}/\text{m}^3 = 31920.21\text{kg}$
  - W friso por m2 =  $31920.21\text{kg}/306.87 \text{ m}^2 = 104.02\text{kg}/\text{m}^2$
  - W muros = Total volumen\*gama muro  
 $= 50.67\text{m}^3 * 1300\text{kg}/\text{m}^3 = 65871\text{kg}.$

- W muros por m2 =  $65871\text{kg}/306.87\text{ m}^2 = 214.65\text{kg}/\text{m}^2$
- W friso por m2 + W muros por m2 =  $104.02 + 214.65\text{kg}/\text{m}^2$   
=  $318.67\text{kg}/\text{m}^2$ .

Tabla 2-13. Cargas muertas piso tipo sistema tradicional.

			total = <b>318,67</b>
W viguetas =	$b \cdot h \cdot \text{Gama concreto} \cdot (1/s)$	$0.1 \cdot 0.35 \cdot 2400 \cdot (1/0.80)$	<b>105</b>
W p. propio =	Gama Concreto * e de placa =	$2400\text{ Kg./m}^3 \cdot 0.05\text{ m}$	<b>120</b>
W mortero =	Gama Mortero * e de mortero =	$2100\text{ Kg./m}^3 \cdot 0.03\text{ m}$	<b>63</b>
W baldosín =	Gama de baldosín * e de baldosín =	$2400\text{ Kg./m}^3 \cdot 0.02\text{ m}$	<b>48</b>
W casetón =			<b>50</b>
		total Carga muerta	<b>704,67</b>

Fuente: autores

- Para el segundo piso del sistema tradicional con un área = 306.87 y con el cálculo del peso por m2 de los frisos y los muros según se observa en el análisis del piso tipo, pero con los datos del segundo piso se obtuvo las siguientes cargas:

- W friso por m2 =  $18249.34\text{kg}/306.87\text{ m}^2 = 59.47\text{kg}/\text{m}^2$
- W muros por m2 =  $37657.36\text{kg}/306.87\text{ m}^2 = 122.72\text{kg}/\text{m}^2$
- W friso por m2 + W muros por m2 =  $182.19\text{kg}/\text{m}^2$

Tabla 2-14. Cargas muertas segundo piso sistema tradicional.

	Segundo Piso		total = <b>182,19</b>
W viguetas =	$b \cdot h \cdot \text{Gama concreto} \cdot (1/s)$	$0.1 \cdot 0.35 \cdot 2400 \cdot (1/0.80)$	<b>105</b>
W p. propio =	Gama Concreto * e de placa =	$2400\text{ Kg./m}^3 \cdot 0.05\text{ m}$	<b>120</b>
W mortero =	Gama Mortero * e de mortero =	$2100\text{ Kg./m}^3 \cdot 0.03\text{ m}$	<b>63</b>
W baldosín =	Gama de baldosín * e de baldosín =	$2400\text{ Kg./m}^3 \cdot 0.02\text{ m}$	<b>48</b>
W casetón =			<b>50</b>
		total Carga muerta	<b>568,19</b>

Fuente: autores

- Para el tercer piso del sistema tradicional con un área = 306.87 y con el cálculo del peso por m<sup>2</sup> de los frisos y los muros según se observa en el análisis del piso tipo, pero con los datos del tercer piso se obtuvo las siguientes cargas:

- W friso por m<sup>2</sup> = 29540.86kg/306.87 m<sup>2</sup> = 96.27kg/m<sup>2</sup>
- W muros por m<sup>2</sup> = 60957.33kg/306.87 m<sup>2</sup> = 198.64kg/m<sup>2</sup>
- W friso por m<sup>2</sup> + W muros por m<sup>2</sup> = 294.91kg/m<sup>2</sup>

Tabla 2-15. Cargas muertas tercer piso sistema tradicional.

Tercer Piso		total =	<b>294,91</b>
W viguetas =	b*h*Gama concreto*(1/s)	0.1*0.35*2400*(1/0.80)	<b>105</b>
W p. propio =	Gama Concreto * e de placa =	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0.05 m	<b>120</b>
W mortero =	Gama Mortero * e de mortero =	2100 Kg./m <sup>3</sup> * 0.03 m	<b>63</b>
W baldosín =	Gama de baldosín * e de baldosín =	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0.02 m	<b>48</b>
W casetón =			<b>50</b>
		total Carga muerta	<b>680,91</b>

Fuente: autores

- Para cubierta del sistema tradicional con un área = 306.87 se realizó el siguiente análisis de cargas.

Tabla 2-16. Cargas muertas cubierta sistema tradicional.

Cubierta			
W viguetas =	b*h*Gama concreto*(1/s)	0.1*0.35*2400*(1/0.80)	<b>105</b>
W p. propio =	Gama Concreto * e de placa =	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0.05 m	<b>120</b>
W mortero =	Gama Mortero * e de mortero =	2100 Kg./m <sup>3</sup> * 0.03 m	<b>63</b>
W baldosín =	Gama de baldosín * e de baldosín =	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0.02 m	<b>48</b>
W casetón =			<b>50</b>
Muros =			<b>50</b>
		total Carga muerta	<b>388</b>

Fuente: autores

- Cuarto de maquinas: con un área de 45.2.
- W muros = 7475 kg/45.2 m<sup>2</sup> = 165.38 kg/m<sup>2</sup>

Tabla 2-17. Cargas muertas cuarto de maquinas sistema tradicional.

		total =	<b>165,376</b>
W p.			<b>Incluido en</b>
propio =	Gama Concreto * e de placa =	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0,2 m	<b>sap</b>
W mortero			
=	Gama Mortero * e de mortero =	2100 Kg./m <sup>3</sup> * 0.03 m	<b>63</b>
W	Gama de baldosín * e de baldosín		
baldosín =	=	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0.02 m	<b>0</b>
		total Carga muerta según espesor de placa	<b>228,3762</b>
		(Kg./m <sup>2</sup> )	<b>P20</b>

Fuente: autores

- Tanque elevado con un área de planta = 23.6 m<sup>2</sup>.
- W muros = 3744 kg/23.6 m<sup>2</sup> = 158.64 kg/m<sup>2</sup>.

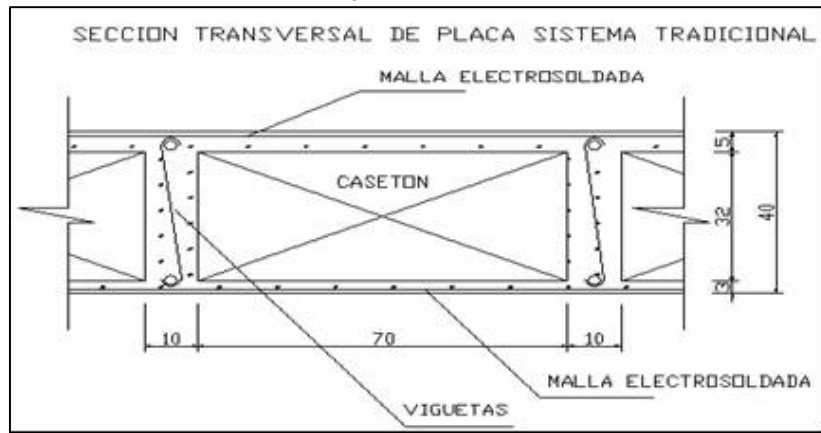
Tabla 2-18. Cargas muertas tanque elevado sistema tradicional.

		total =	<b>158,64</b>
W p.			<b>Incluí en</b>
propio =	Gama Concreto * e de placa =	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0,2 m	<b>sap</b>
W mortero			
=	Gama Mortero * e de mortero =	2100 Kg./m <sup>3</sup> * 0.03 m	<b>63</b>
W baldosín			
=	Gama de baldosín * e de baldosín =	2400 Kg./m <sup>3</sup> * 0.02 m	<b>0</b>
		total Carga muerta según espesor de placa	<b>221,64</b>
		(Kg./m <sup>2</sup> )	<b>P20</b>

Fuente: autores

- A continuación el análisis de las cargas muertas producidas por la placa; La sección transversal de la placa aligerada armada en la dirección "Y" se muestra a continuación, junto con sus cargas obtenidas por norma unas de ellas:

Figura 2-29. Sección transversal placa sistema tradicional



Fuente: autores

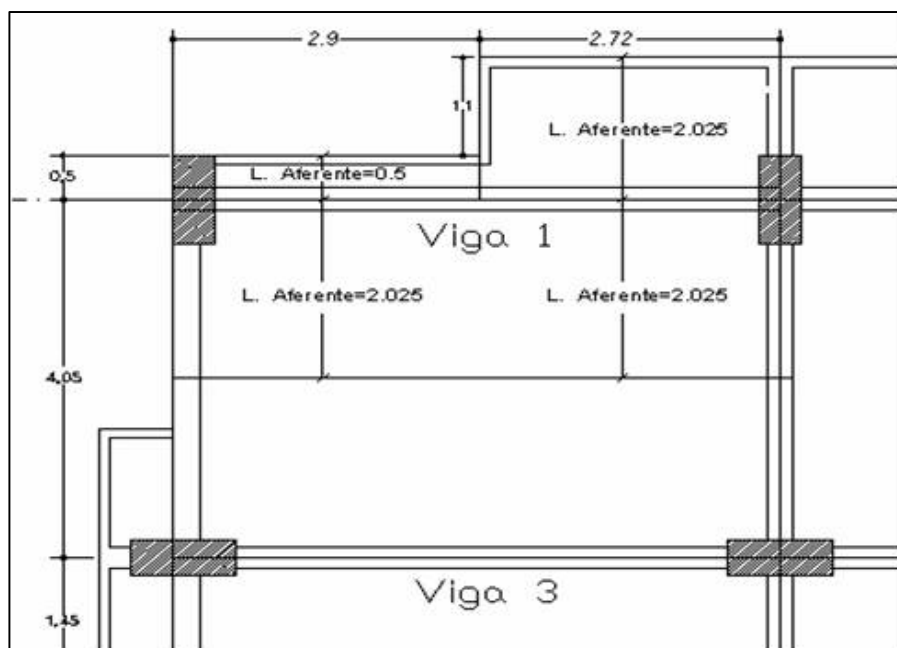
Tabla: Cargas muertas por viguetas sistema tradicional.

CALCULO DE CARGAS MUERTAS - MODELO VIGUETAS	
PISO 2	MORTERO INFERIOR 0,03 m 2100 Kg./m3 = 63 Kg./m2
	CASETÓN = 50 Kg./m2
	ACABADO DE PISO = 150 Kg./m2
	MUROS DIVISORIOS = 182,19 Kg./m2
	TOTAL = 445,19 Kg./m2
PISO 3	MORTERO INFERIOR 0,03 m 2100 Kg./m3 = 0 Kg./m2
	CASETÓN = 50 Kg./m2
	ACABADO DE PISO = 150 Kg./m2
	MUROS DIVISORIOS = 294,91 Kg./m2
	TOTAL = 494,9 Kg./m2
CALCULO DE CARGAS MUERTAS - MODELO VIGUETAS	
PISO TIPO	MORTERO INFERIOR 0,03 m 2100 Kg./m3 = 63 Kg./m2
	CASETÓN = 50 Kg./m2
	ACABADO DE PISO = 150 Kg./m2
	MUROS DIVISORIOS = 318,67 Kg./m2
	TOTAL = 581,7 Kg./m2

Fuente: autores

**Carga de vigas por áreas aferentes.** Posterior a la obtención de cargas, según distribución de la misma por nivel se procedió a cargar la estructura, específicamente las Vigas en el sentido X, por medio del conocido método de áreas aferentes el cual se muestra mediante una viga tipo de este proyecto (viga1).

Figura 2-30. Áreas aferentes a Viga 1.



Fuente: autores

Tabla 2-19. Ejemplo áreas aferentes.

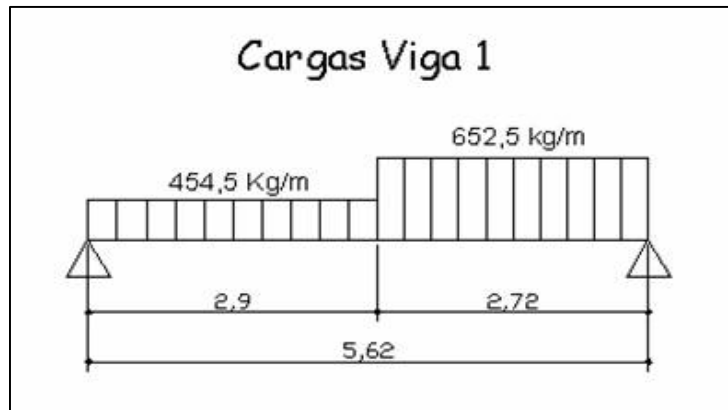
CARGA VIVA SOBRE VIGAS SENTIDO X									
								CARGA VIVA(Kg./m2)=	180
ELEMENT	LONGITUDE		LONGITUDES			CARGAS EN VIGA(Kg./m)			
O	S		AFERENTES(m)						
VIGA 1	2,9	2,72	0	0,500	1,600	454,5	652,	0	
	2,9	2,72	0	2,025	2,025		5		
				5,62					

Fuente: autores

Ejemplo: Viga 1:

- Tramo 0m-2.9m:  $0.500+2.025 = 2.525\text{m}$   
 $2.525\text{m} \times 180\text{kg/m}^2 = 454.5\text{kg/m}^2.$
- Tramo: 2.9m-5.62m:  $1.600+2.025 = 3.625\text{m}$   
 $3.625\text{m} \times 180\text{kg/m}^2 = 652.5\text{kg/m}^2.$

Figura 2-31. Viga Cargada



Fuente: autores

La siguiente tabla resume las cargas hallados por nivel de la estructura sobre las placas que componen el mismo.

Tabla 2-20. Resumen de cargas muertas-sistema tradicional.

RESUMEN DE CARGAS MUERTAS SISTEMA TRADICIONAL		
Niveles	Cargas totales sobre placa	
Piso Tipo	704,67	Kg./m <sup>2</sup>
2° Piso	568,19	Kg./m <sup>2</sup>
3° Piso	680,91	Kg./m <sup>2</sup>
Cubierta	388	Kg./m <sup>2</sup>
Cuarto de Maquinas	228,38	Kg./m <sup>2</sup>
Tanque Elevado	221,64	Kg./m <sup>2</sup>

Fuente: autores

## **2.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL SEGÚN NSR-98**

Es bastante común que la aplicación de los procedimientos de análisis actuales (estático o dinámico) oscurezca con sus dificultades y con el exceso y espectacularidad de la información el objeto del análisis. El proyectista tiende a sorprenderse por la cantidad de información y por la aparente precisión de los resultados. Por eso es pertinente volver una y otra vez sobre el objeto del análisis: predecir el comportamiento probable de la construcción sometida a las acciones que puedan ocurrir durante su vida útil, con una precisión aceptable para garantizar la seguridad y la economía.

Antes de iniciar el análisis estructural se han cumplido las etapas más importantes de la concepción de la estructura: Se definieron los sistemas resistentes y se dimensionaron sus componentes. Los caminos para cumplir esas etapas son muy variados. Obviamente los resultados de etapas intermedias de análisis deberían ser realimentados para optimizar la estructura.

**2.4.1 Evaluación de las fuerzas sísmicas.** La norma sismorresistente colombiana NSR-98 adopta el sistema internacional de medidas SI y por ende la unidad básica de fuerza, el Newton N, por lo que las fuerzas inerciales deberán obtenerse a partir de las masas en kilogramos (Kg.).

La norma establece que como mínimo deben emplearse los siguientes métodos de análisis de estructuras:

- Método la fuerza horizontal equivalente (A.3.4.2.1)
- Método del análisis dinámico elástico (A.3.4.2.2)
- Método del análisis dinámico inelástico (A.3.4.2.3)

**2.4.2 Descripción de los métodos de análisis estructural.** Teniendo en cuenta los principios que establece la norma (NSR – 98), se evalúa cual es el método mas conveniente para realizar el análisis del sistema de resistencia para efectos de su diseño. A continuación se exponen los dos mas utilizados y que por la descripción de la estructura a evaluar pueden ser requeridos para efectuar el análisis:

**Método de la fuerza horizontal equivalente.** El método de la fuerza horizontal equivalente es el método tradicional para evaluar la magnitud de la denominada fuerza de sismo (E) consiste en reemplazar el efecto del sismo en una edificación por un conjunto de fuerzas horizontales equivalentes ( $F_x$ ), aplicadas en los niveles de los pisos del edificio, que equilibran el «cortante de base»,  $V_s$ . Aunque este método de análisis se restringe a edificaciones regulares de menos de 20 niveles o 60 m de altura desde la base o a 18 m de altura y seis niveles para estructuras irregulares, aún es usable para la mayoría de los casos. El cortante de base  $V_s$  se evalúa por medio de la siguiente ecuación (2-11):

*Ecuación 2-4: Cortante de base.*

$$V_s = S_a * g * m \quad (2-11)$$

El valor de  $S_a$  representa la máxima aceleración horizontal, expresada en un porcentaje de la gravedad, a que se ve sometido un sistema de un grado de libertad, con un período de vibración  $T$ ; se define en función de la «aceleración pico efectiva»,  $A_a$ , por medio de la siguiente ecuación (3-2):

*Ecuación 2-5: Máxima aceleración horizontal.*

$$S_a = (1,2 * A_a * SI) / T = (S_a < 2,5 * A_a * I) \quad (3-2)$$

El valor de  $A_a$  se define para las diferentes regiones del país, de acuerdo a la «zona de amenaza sísmica» y varía entre 0,05 para ciudades situadas en zonas de amenaza sísmica baja, como los Llanos orientales y 0,40 para zonas de amenaza sísmica alta, como Tumaco y Bahía Solano; para Manizales, el Viejo Caldas y Cali el valor es de 0,25; Bogotá y Medellín tienen valores de 0,20.

El parámetro S (varía entre 1 y 2), depende del tipo del suelo de la fundación; el coeficiente de importancia I (entre 1 y 1,5) es un coeficiente que depende de la necesidad de que la construcción quede en servicio después de un sismo; el parámetro T, es el denominado período dinámico de la estructura, que es un parámetro que tiene en consideración la clase de edificación, la rigidez o flexibilidad de ella y se evalúa aproximadamente en función de la altura del edificio; para edificios de concreto reforzado corrientes tiene valores aproximados a la décima parte del número de pisos; así, un edificio de 10 pisos tendrá un período  $T=1$ .

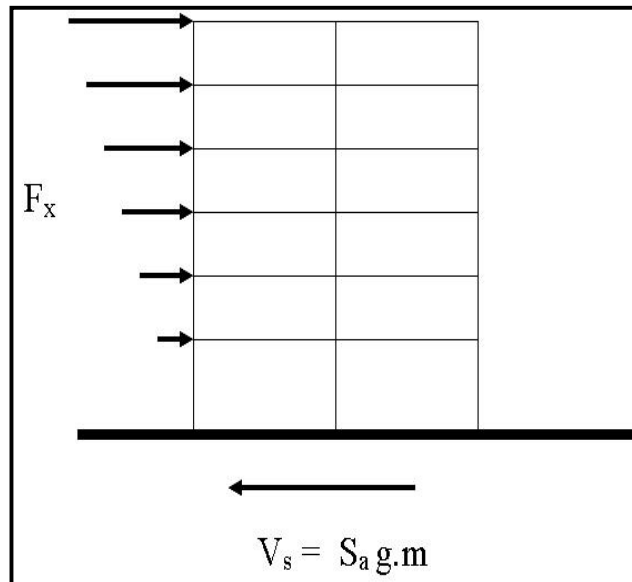
Las fuerzas horizontales  $F_x$ , que representan las fuerzas de inercia aplicables en cada piso de la edificación se obtienen mediante las expresiones por medio de la siguiente ecuación (3-3):

*Ecuación 2-6: Fuerzas Horizontales.*

$$F_x = C_{vx} * V_s \quad (3-3)$$

Donde  $C_{vx}$  es un coeficiente de repartición de la fuerza sísmica en la altura de la edificación; para períodos cortos la fuerza horizontal es equivalente a una fuerza uniforme, de tipo triangular con valor cero en la base; para períodos largos, edificios altos (altura mayor de 25 pisos), la forma es parabólica.

Figura 2-32. Equilibrio de fuerzas horizontales ( $F_x$ ) en pisos y cortante de base ( $V_s$ )



Fuente: autores

- Verificación de la deriva: la norma colombiana exige además que los desplazamientos horizontales en cada piso de la edificación sean pequeños con el fin de que no haya daños excesivos en los elementos no estructurales de ella. La norma establece que la «deriva» (desplazamiento de la parte superior de la columna con respecto a la inferior), sea menor del 1 % de la altura del piso.

**Método del análisis dinámico elástico espectral.** El análisis modal espectral (o método de la respuesta espectral) es un método ventajoso para estimar los desplazamientos y fuerzas en los elementos de un sistema estructural. El método implica el cálculo solamente de los valores máximos de los desplazamientos - y las aceleraciones - en cada modo usando un espectro de diseño, el mismo que representa el promedio o la envolvente de espectros de respuesta para diversos sismos, con algunas consideraciones adicionales expuestas en los códigos de diseño. Luego se combinan estos

valores máximos, por ejemplo mediante un promedio ponderado entre la media y la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de tales valores máximos; otro método es el de la combinación cuadrática completa (método CQC), que considera además una correlación entre los valores modales máximos. De este modo, se obtienen los valores más probables de desplazamientos y fuerzas.

1. *Metodología del análisis*<sup>10</sup>. Deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos, cuando se utilice el método de análisis dinámico elástico espectral:

- (a) *Obtención de los modos de vibración -*
- (b) *Respuesta espectral modal -*
- (c) *Respuesta total -*
- (d) *Ajuste de los resultados -*
- (e) *Evaluación de las derivas -*
- (f) *Fuerzas de diseño en los elementos -*
- (g) *Diseño de los elementos estructurales -*

2. *Efectos direccionales*. Los efectos direccionales de los movimientos sísmicos de diseño deben tenerse en cuenta de acuerdo con los requisitos de A.3.6.3 de la NSR-98.

Los efectos de la aceleración vertical de los movimientos sísmicos en los voladizos y elementos preesforzados debe tenerse en cuenta siguiendo los requisitos de A.3.6.13 o alternativamente por medio de un procedimiento de análisis dinámico, pero en ningún caso los resultados obtenidos por medio de

---

<sup>10</sup> AIS. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR – 98. p. A-49

este procedimiento alternativo puede conducir a resultados menores que los obtenidos por medio de A.3.6.13 de la NSR-98.

3. *Torsión*<sup>11</sup>. El análisis dinámico debe tener en cuenta los efectos torsionales de toda la estructura, incluyendo aquellos producidos por la torsión accidental. Cuando se utilicen modelos matemáticos tridimensionales de diafragma rígido, los efectos de la torsión accidental pueden tenerse en cuenta por medio de ajustes apropiados al modelo, tales como cambios en la localización de los centros de gravedad de las masas, o por medio de procedimientos estáticos equivalentes, como lo indicados en A.3.6.7 de la NSR-98.

- ***El método utilizado.*** Se evaluarán las cargas de acuerdo al título “B” de las NSR-98 se evaluarán las cargas de sismo por el método **Análisis Dinámico Elástico Espectral** (Capítulo A.5 de la NSR-98) y se evaluarán las Derivas de acuerdo a los requisitos del capítulo A.6 de la NSR-98. Si cumple, puede continuarse con el diseño, pero del no cumplir con las derivas máximas, se rigidizará la estructura hasta cumplir con esta norma.

**2.4.3 Requisitos de la deriva**<sup>12</sup>. Entendiendo por deriva el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos colocados en la misma línea vertical, en dos pisos o niveles consecutivos de la edificación.

La norma establece pautas para la obtención de la deriva a continuación se dan los procedimientos para calcular la deriva así como sus límites permisibles.

---

<sup>11</sup> AIS. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR – 98. p. A-50

<sup>12</sup> AIS. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR – 98. p. A-53

Por las razones anteriores es fundamental llevar a cabo durante el diseño un estricto cumplimiento de los requisitos de deriva dados en la NSR-98, con el fin de garantizar el cumplimiento del propósito del Reglamento y un adecuado comportamiento de la estructura y su contenido.

**2.4.4 Desplazamiento horizontal.** La NSR-98 establece unos efectos o desplazamientos en las dos direcciones principales ortogonales en planta, que pueden o dan lugar en una edificación al ser sometidos a determinadas fuerzas.

- ***Desplazamientos totales horizontales:*** los desplazamientos horizontales, en las dos direcciones principales ortogonales en planta, que tienen todos los grados de libertad de la estructura al verse afectada por los movimientos sísmicos de diseño posibles, se determinan por medio del análisis estructural realizado utilizando el método de análisis definido por el diseñador y con las rigideces indicadas por la norma. Los desplazamientos totales horizontales en cualquiera de las direcciones principales en planta y para cualquier grado de libertad de la estructura, se obtienen mediante una serie de valores absolutos establecidos por la NSR-98 (A.6.2.1).
- ***Desplazamientos horizontales en el centro de masa del piso:*** corresponden a los desplazamientos horizontales, en las dos direcciones principales en planta, que tiene el centro de masa del piso. Se incluye dentro de ellas la rotación alrededor de un eje vertical que pasa por el centro de masa, causada por los efectos torsionales.
- ***Efectos torsionales:*** corresponden a los desplazamientos horizontales adicionales, en las dos direcciones principales ortogonales en

planta, causados por la rotación de toda la estructura con respecto a un eje vertical y debida a los efectos torsionales definidos en La NSR-98 (A.3.6.7).

- **Efectos P-Delta:** corresponden a los efectos adicionales, en las dos direcciones principales en planta, causados por los efectos de segundo orden (efectos P-Delta) de la estructura. Los efectos P-Delta producen un aumento en las deflexiones horizontales y en las fuerzas internas de la estructura. Estos efectos deben tenerse en cuenta cuando el índice de estabilidad,  $Q_i$ , es mayor de 0.10. El índice de estabilidad, para el piso  $i$  y en la dirección bajo estudio, se calcula como lo indica la norma (A.6-3).

**Evaluación de la deriva máxima.** La deriva máxima en cualquier punto del piso  $i$ , se obtiene como la diferencia entre lo desplazamientos horizontales totales máximos del punto en el piso  $i$  y los desplazamientos horizontales totales máximos de un punto localizado en el mismo eje vertical en el piso  $i-1$ , por medio de la siguiente ecuación (3-7):

*Ecuación 2-7: Deriva máxima del piso  $i$ .*

$$\Delta_{\max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 (\delta_{tot,j}^i - \delta_{tot,j}^{i-1})^2} \quad (3-7)$$

Donde el primer término dentro del paréntesis corresponde al desplazamiento horizontal total máximo del piso  $i$  en la dirección  $j$ , mientras que el segundo término en el paréntesis corresponde al desplazamiento horizontal total máximo del piso  $i-1$  en la dirección  $j$ .

El cumplimiento del cálculo de la deriva para cualquier punto del piso se puede realizar verificándola solamente en todos los ejes verticales de

columna y en los puntos localizados en los bordes de los muros estructurales.

**Limites de la deriva.** La deriva máxima evaluada en cualquier punto de la estructura, determinada de acuerdo con la ecuación (3-6), no puede exceder los límites establecidos en la tabla 1, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso hpi:

Tabla 2-21. Derivas máximas como porcentaje de hpi<sup>13</sup>

<b>Estructuras de:</b>	<b>Deriva máxima</b>
concreto reforzado, metálicas y de madera	1,0% (0,010 hpi)
de mampostería	0,5% (0,005 hpi)

**Fuente:** autores

Cuando se utilicen secciones fisuradas, tanto en concreto reforzado, como en mampostería, las derivas pueden multiplicarse por 0.7 antes de hacer la comparación con los límites dados en la tabla anterior.

#### **2.4.5 Resultados desplazamientos y derivas obtenidas sistema túnel.**

Con el análisis de cargas obtenidas, se modeló, cargó y diseñó según lo requiere la norma y el análisis estructural, para obtener el comportamiento de la edificación en cuanto a desplazamiento y derivas en el sentido “X” y sentido “Y”, que se muestran en la siguiente grafica y hoja de calculo:

---

<sup>13</sup> AIS. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR – 98. p. A-55

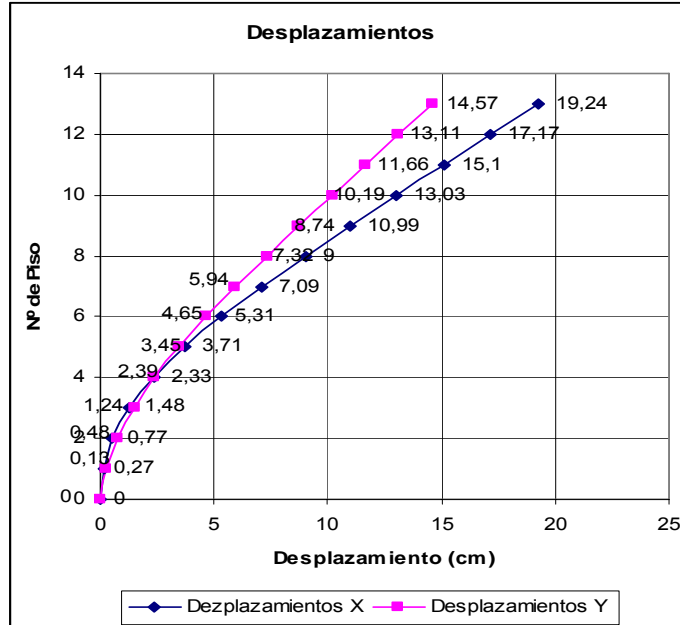
Tabla 2-22: Calculo de Derivas Sistema Túnel.

CALCULO DE DERIVAS - SISTEMA TUNEL						
Pisos	Desplazamientos		Derivas ( cm.)		Índice de deriva ( % )	
	X (cm.)	Y(cm.)	deriva X	deriva Y	% de deriva X	% de deriva Y
<b>Cubierta</b>	19,24	14,57	2,07	1,46	0,84	0,60
<b>13</b>	17,17	13,11	2,07	1,45	0,84	0,59
<b>12</b>	15,1	11,66	2,07	1,47	0,84	0,60
<b>11</b>	13,03	10,19	2,04	1,45	0,83	0,59
<b>10</b>	10,99	8,74	1,99	1,42	0,81	0,58
<b>9</b>	9	7,32	1,91	1,38	0,78	0,56
<b>8</b>	7,09	5,94	1,78	1,29	0,73	0,53
CALCULO DE DERIVAS - SISTEMA TUNEL						
	Desplazamientos		Derivas ( cm.)		Índice de deriva ( % )	
	X (cm.)	Y(cm.)	deriva X	deriva Y	% de deriva X	% de deriva Y
<b>7</b>	5,31	4,65	1,6	1,2	0,65	0,49
<b>6</b>	3,71	3,45	1,38	1,06	0,56	0,43
<b>5</b>	2,33	2,39	1,09	0,91	0,44	0,37
<b>4</b>	1,24	1,48	0,76	0,71	0,31	0,29
<b>3</b>	0,48	0,77	0,35	0,5	0,14	0,20
<b>2</b>	0,13	0,27	0,13	0,27	0,05	0,11
<b>1</b>	0	0	0	0	0	0

Fuente: autores

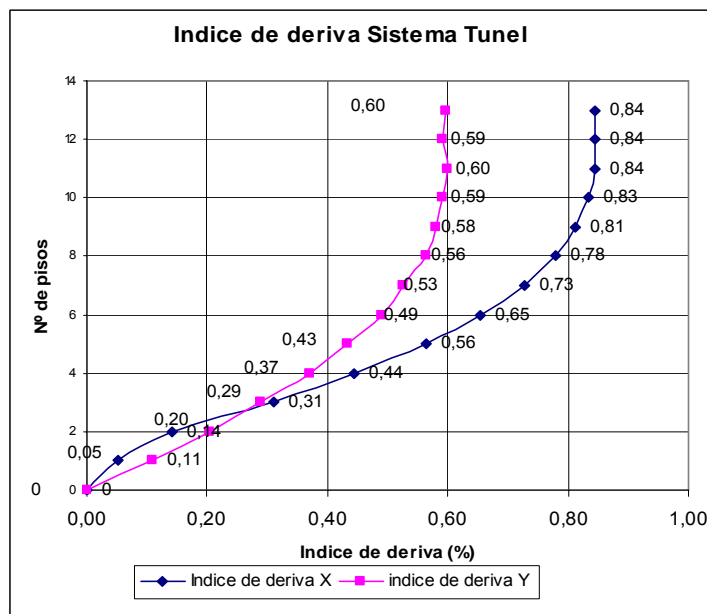
Como se aprecia en las columnas de “% de deriva X” cumplen con el requerimiento de la norma (NSR-98) de tener deriva menor al máx. 1.0%, en dicho sentido el Índice de deriva mas critico corresponde a 0.84 % y se presenta a la altura de la cubierta; Mientras que en “% de deriva Y” también cumplen con el requerimiento de la norma (NSR-98) de tener deriva menor a la máx. 1.0%, en dicho sentido el Índice de deriva mas critico corresponde a 0.60 % y se presenta a la altura de la cubierta presentando en los pisos 12° y cubierta como se muestra en la fig. Índice de deriva sistema Túnel.

Figura 2-33. Desplazamientos Horizontales Sistema Túnel



Fuente: autores

Figura 2-34. Índice de deriva Sistema Túnel



Fuente: autores

**2.4.6 Resultados desplazamientos y derivas obtenidas sistema tradicional.** Se modelo, diseñó y cargó según lo requiere la norma y el análisis estructural que se muestra en el capítulo siguiente, la estructura conformada por vigas y columnas, entre otras cosas para obtener el comportamiento de la edificación en cuanto a desplazamientos y derivas en el sentido “X” y sentido “Y”, que se muestran en la siguiente grafica y hoja de calculo:

Figura 2-35. Derivas- Sistema tradicional.

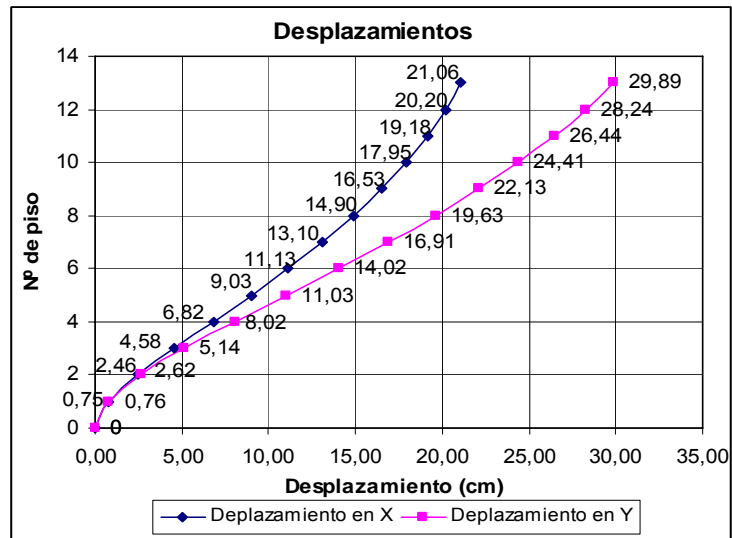
CALCULO DE DERIVAS - SISTEMA TRADICIONAL						
Pisos	Desplazamientos		Derivas ( cm. )		Índice de deriva ( % )	
	X (cm.)	Y(cm.)	deriva X	deriva Y	% de deriva X	% de deriva Y
<b>Cubierta</b>	21,06	29,89	0,86	1,64	0,31	0,59
<b>13</b>	20,20	28,24	1,02	1,81	0,36	0,65
<b>12</b>	19,18	26,44	1,22	2,03	0,44	0,73
<b>11</b>	17,95	24,41	1,43	2,27	0,51	0,81
<b>10</b>	16,53	22,13	1,62	2,51	0,58	0,89
<b>9</b>	14,90	19,63	1,80	2,72	0,64	0,97
<b>8</b>	13,10	16,91	1,97	2,89	0,70	1,03
<b>7</b>	11,13	14,02	2,11	3,00	0,75	1,07
<b>6</b>	9,03	11,03	2,21	3,01	0,79	1,07
<b>5</b>	6,82	8,02	2,24	2,87	0,80	1,03
<b>4</b>	4,58	5,14	2,12	2,52	0,76	0,90
<b>3</b>	2,46	2,62	1,71	1,87	0,61	0,67
<b>2</b>	0,75	0,76	0,75	0,76	0,27	0,27
<b>1</b>	0	0	0	0	0	0

Fuente: autores

Como se aprecia en las columnas de “% de deriva X” cumplen con el requerimiento de la norma (NSR-98) de tener deriva máx. 1.0%, en dicho sentido el Índice de deriva mas critico corresponde a 0.8 % y se presenta a la altura del 5° piso; Mientras que en “% de deriva Y” se considera que aunque ajustado al filo de la Norma (NSR-98) ya que los valores están prácticamente en el Índice de deriva máximo, pero que a criterio de los creadores de este

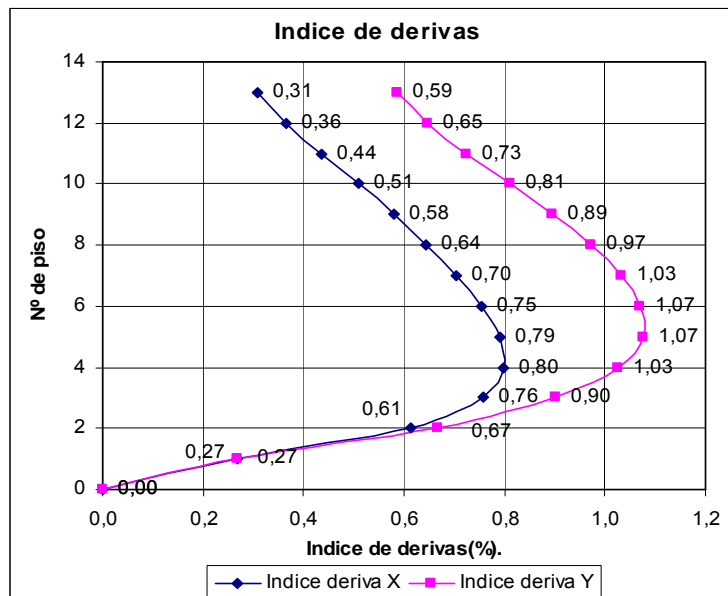
proyecto se consideró como valido, presentando en los pisos 6° y 7° los índices mas críticos con un valor de 1.07% como se muestra en la fig. Índice de derivas sobrepasando por poco el 1.0% anteriormente señalado.

Figura 2-36. Desplazamientos horizontales Sistema Tradicional.



Fuente: autores

Figura 2-37. Índice de deriva Sistema Tradicional.



Fuente: autores

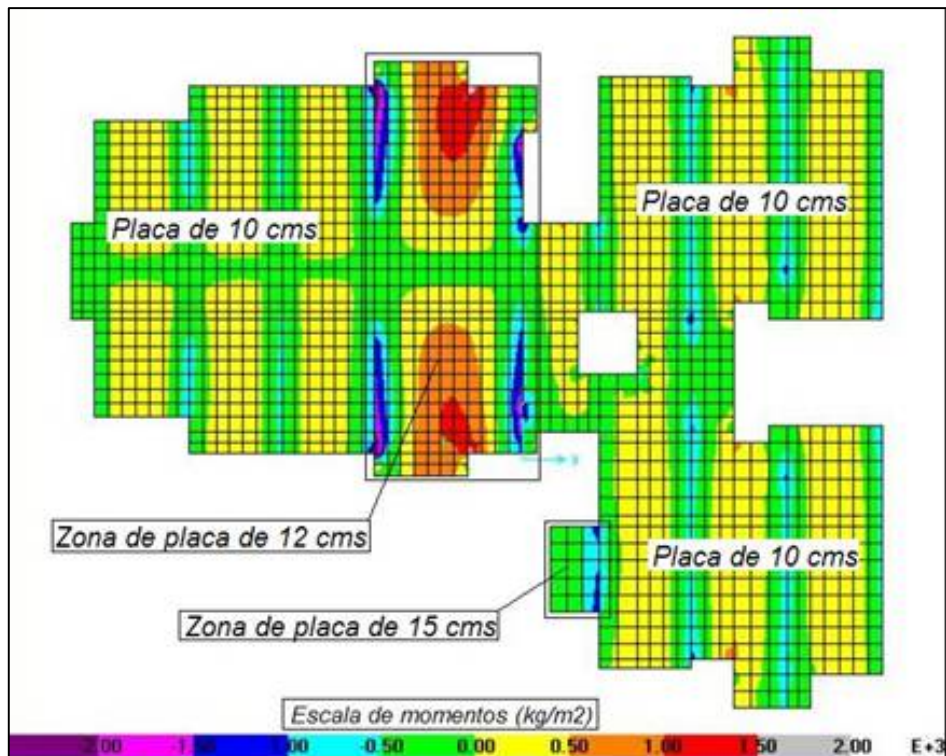
## 2.5 CALCULO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 2.5.1 Sistema Muros

**Diseño de placas entre piso.** Con los resultados obtenidos con la herramienta SAP-2000, las fuerzas de diseño en los elementos se procedió a realizar el diseño estructural de las placas.

En SAP podemos tomar los momentos flectores positivos y negativos en cualquier punto de la placa en los sentidos X y Y, a partir de ahí se diseñan el refuerzo Longitudinal y Transversal. Como lo muestra la figura siguiente obtenida del programa, se divide una gama de colores que según su color significa el valor menor o mayor del momento.

Figura 2-38. Momentos sentido X. obtenidos en Sap-2000.



Fuente: autores

Obtenidos los valores de momentos críticos procedimos a introducirlos en una hoja de cálculo cumpliendo con los requisitos establecidos en la NSR-98; En la siguiente tabla se muestran momentos máximos en las placas

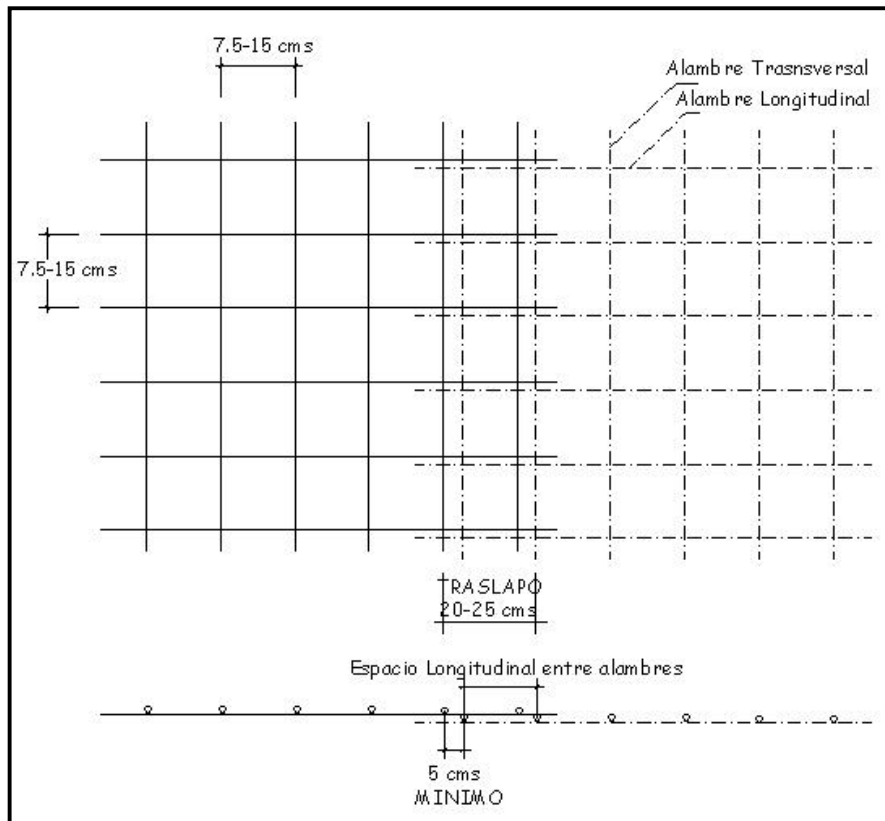
Tabla 2-23. Momentos máximos en placa

<b>Momentos máximos en placa</b>					
<b>Piso 2°</b>					
<i>Nombre</i>	<i>t (cm)</i>	<i>sent X</i>	<i>Unidad</i>	<i>sent Y</i>	<i>Unidad</i>
P10	10	(+) 450	kg/m2	(+) 450	kg/m2
P12	12	(-) 1400	kg/m2	(-) 1200	kg/m2
<b>Piso 3°</b>					
<i>Nombre</i>	<i>t (cm)</i>	<i>sent X</i>	<i>Unidad</i>	<i>sent Y</i>	<i>Unidad</i>
P10	10	(+) 450	kg/m2	(+) 450	kg/m2
P12	12	(-)2300	kg/m2	(-) 2200	kg/m2
<b>Piso Tipo</b>					
<i>Nombre</i>	<i>t (cm)</i>	<i>sent X</i>	<i>Unidad</i>	<i>sent Y</i>	<i>Unidad</i>
P10	10	(+) 450	kg/m2	(+) 450	kg/m2
P12	12	(+) 1800	kg/m2	(-)1200	kg/m2
P15	15	(-) 1200	kg/m3	(+) 450	kg/m2

Fuente: autores

La hoja de cálculo elaborada especialmente para obtener valores de cuantías, áreas de acero ( $A_s$ ), número de alambre y separación entre alambres ( $s$ ). Arrojó resultados tales como separación entre alambres de 7.5cms y 15cms, alambres en el de rango de 6mm hasta 8mm dependiendo del la sollicitación en la siguiente figura se muestra un esquema de mallas electrosoldadas.

Figura 2-39. Malla electrosoldada

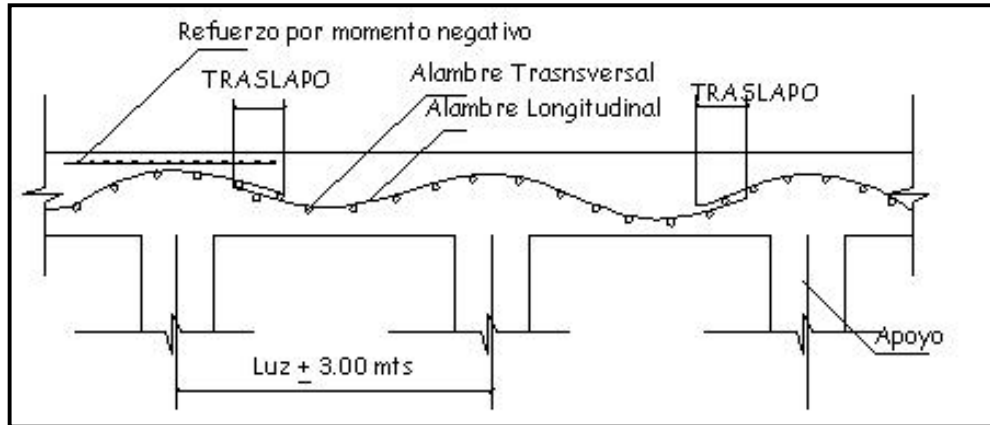


Fuente: autores

En el diseño de la malla electrosoldada solicitada por la placa encontramos dos tipos de disposición del refuerzo:

a) Como lo muestra la siguiente figura, para losas macizas con luces muy cercanas a los 3mts, la malla se curva siguiendo aproximadamente la forma del diagrama de momentos flectores para carga uniformemente distribuida. Este tipo de loza maciza fue requerido para las *placas de 10 cm.* de espesor existentes en la edificación.

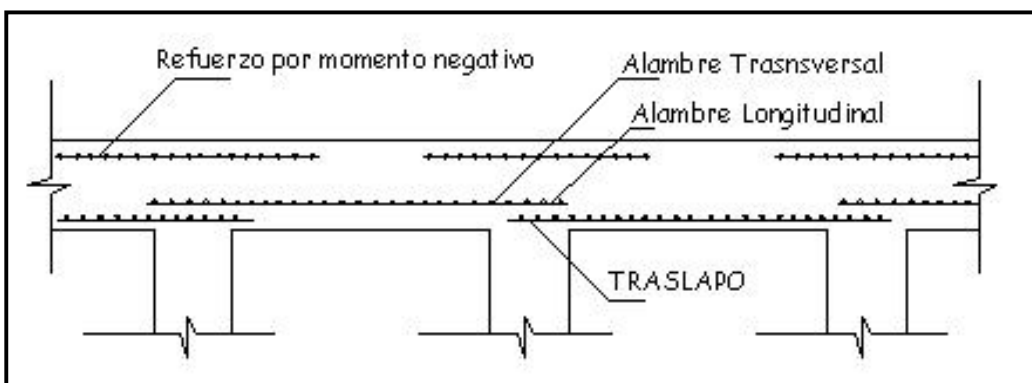
Figura 2-40. Malla descriptora de los momentos.



Fuente: autores

- b) Como lo muestra la figura siguiente, para el caso de losas de mayor espesor y que requieren mas refuerzo para responder a los momentos, la malla se coloca de forma similar a la del acero convencional (varillas), pero cumpliendo con las longitudes de anclaje para mallas. Este tipo de losa maciza fue requerido para las *placas de 12 cm. y 15 cm.* de espesor existentes en la edificación.

Figura 2-41. Malla convencional.



Fuente: autores

**Diseño de muros estructurales.** Para el usuario de SAP-2000 ya es bien sabido que esta herramienta de modelamiento estructural no es realmente el mejor instrumento a la hora de tener que simular un modelo en muros estructurales y mas si este es una edificación en altura como se presenta en este proyecto. La demora en el análisis a medida que aumentan los elementos de cascarón y la división infinita de los mismos para obtener los resultados más precisos convierten al SAP en una herramienta más eficiente para estructuras de gran envergadura en análisis de vigas, columnas y elementos en estructura metálica.

Con la ayuda de una hoja electrónica se desarrolló el proceso de diseño de los muros estructurales, donde a partir de los resultados arrojados por SAP para cada uno de los muros por piso de cortante, momento de vuelco y carga axial se revisaron las consideraciones del capítulo C21.6 de la NSR-98.

El proceso básico de funcionamiento de la hoja de cálculo es el siguiente:

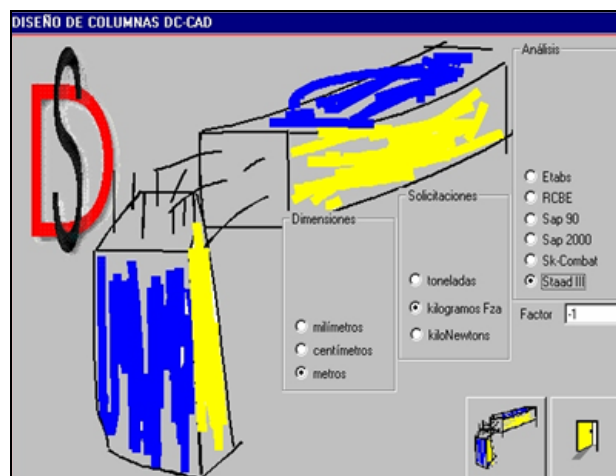
- Se toman las solicitaciones de esfuerzo a cortante, carga axial y momento de vuelco arriba y abajo de cada uno de los muros por piso para cada una de las combinaciones de carga, eligiendo la más crítica de estas.
- Se chequean los esfuerzos en los extremos de los muros revisando que estos no excedan el  $0.2f_c$  para definir si se requieren o no elementos de borde hasta que estos se reduzcan a  $0.15f_c$
- Se define el número de cortinas que se deben colocar para cada muro a partir del chequeo de la fuerza cortante mayorada  $(1/6)A_c v \sqrt{f_c}$

- Se diseña a cortante para aquellos muros sometidos a fuerzas cortantes y efectos de flexo - compresión
- Este proceso arroja las cuantías de acero de los muros para proceder con el diseño de los mismos.

## 2.5.2 Sistema aporticado

**Diseño de columnas, vigas y viguetas.** El diseño de estos tres grupos de elementos se desarrollo por medio del software DC -Cad. Este es un software desarrollado para el diseño de vigas y columnas a partir de los resultados arrojados por programas de estructuras como ETABS, RCBE, STAAD III (Pro) y SAP – 2000, programa base de diseño de este proyecto. A continuación se presentara brevemente el entorno del programa y su utilización dentro del proyecto. Para su correcto funcionamiento a partir de los datos de SAP el DC-Cad solo exige que cada uno de los elementos Frame en el SAP se divida en 10 partes. Output Segments = 10

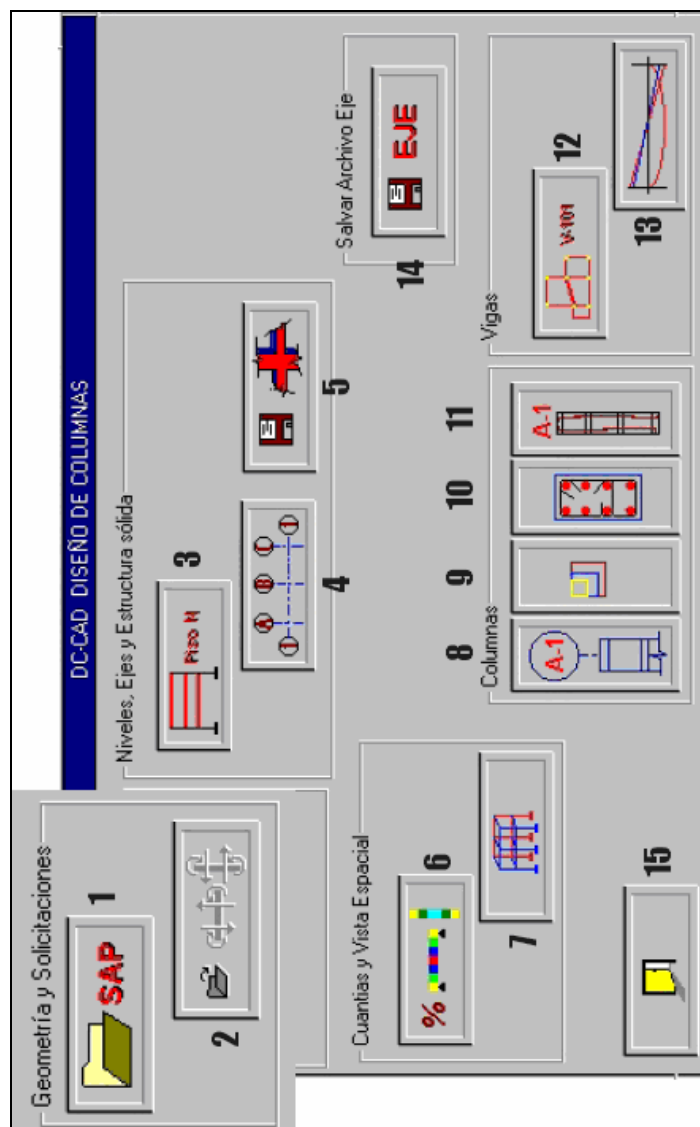
Figura 2-42. Inicio programa DC\_Cad



Fuente: autores

Después de iniciar el programa, asignando las unidades de las dimensiones y las solicitaciones de carga en el modelo mas la indicación del programa desde el cual se va a importar el archivo, se despliega la “pantalla principal”. En el siguiente grafico con números se indica cada una de las funciones que puede desarrollar el programa.

Fig. 2-43.Pantalla principal DC\_Cad.



Fuente: autores

- 1 Lectura de archivo con geometría
- 2 Lectura de archivo con solicitaciones
- 3 Numeración de niveles
- 4 Numeración de ejes arquitectónicos
- 5 Creación de archivo DXF con estructura sólida
- 6 Análisis de Vigas y columnas para obtener cuantías
- 7 Estructura de alambres
- 8 Numeración de Columnas
- 9 Alineación de caras de columnas
- 10 Secciones reforzadas de columnas
- 11 Diseño de columnas
- 12 Numeración de vigas
- 13 Diseño de vigas
- 14 Salvar archivo EJE
- 15 Salir

Geometría y Solicitaciones.

Figura 2-44. Geometría y solicitaciones de DC\_Cad.



Fuente: autores

De acuerdo con el programa de análisis utilizado se deben abrir 2 archivos, uno con la geometría y con las solicitaciones de vigas y columnas. Niveles, ejes y estructura sólida.

Figura 2-45. Niveles, ejes y estructura sólida de DC\_Cad.

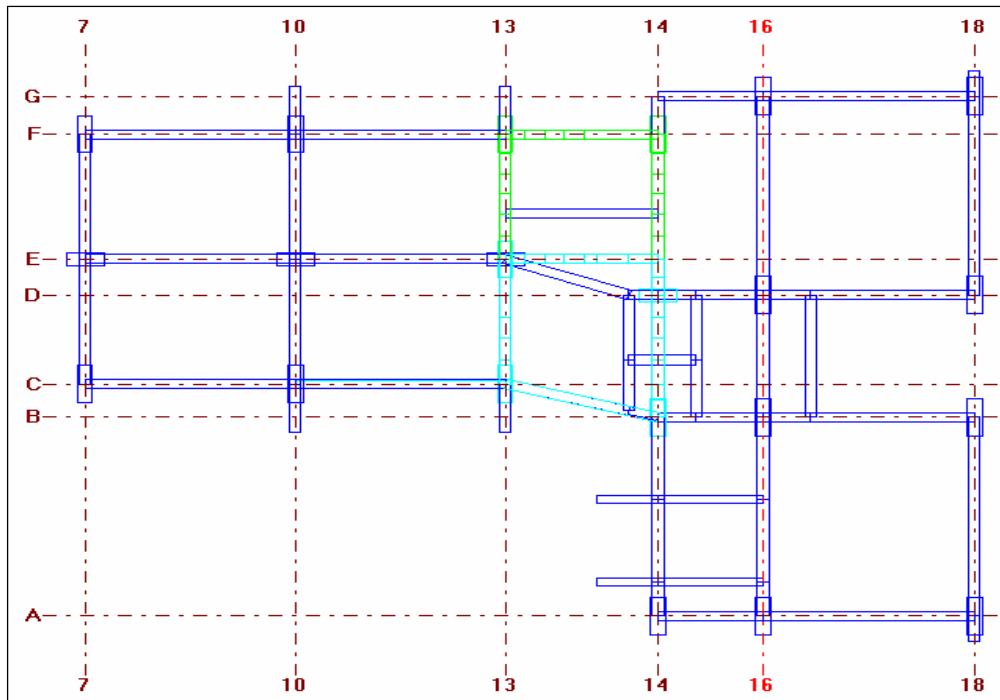


Fuente: autores

Inmediatamente después de leer los archivos de geometría y solicitaciones, deben numerarse niveles y ejes arquitectónicos. Aunque en este punto ya se puede generar la estructura sólida, se recomienda hacerlo después de numerar vigas, para que esta información quede contenida en el DXF tridimensional. Dentro de este vínculo se realizan operaciones como la asignación de los Nombres de los niveles, la generación de las cotas estructurales y arquitectónicas y del los ejes arquitectónicos. Estos ejes aparecen aparecen en los despieces de vigas, y sirven para dar nombre automático a las columnas (Una columna toma el nombre de los dos ejes que la intercepten).

Los ejes pueden ser localizados rápidamente, localizando el puntero del Mouse en un punto de la estructura y presionando el botón secundario.

Figura 2-46. Modelo en Planta del sistema Tradicional con ejes arquitectónicos de DC-Cad.



Fuente: autores

Cuantías y vista espacial.

Figura 2-47. Cuantías y vista espacial de DC-Cad.



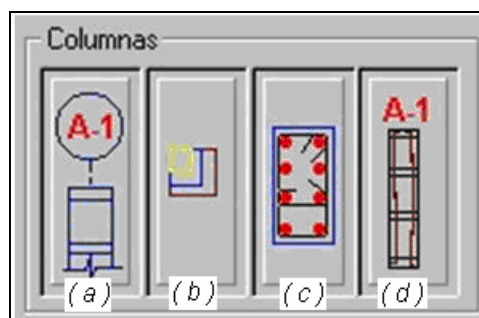
Fuente: autores

En este vínculo se asignan los datos básicos para el cálculo de cuantías de vigas y columnas y el diseño estribos tomando como base un estribo de diseño según la NSR-98.

En la estructura de alambre en 3D por rango de colores se pueden apreciar variables factores en la estructura como: Momentos positivos y negativos principales, cortantes principales, momentos positivos y negativos y cortantes secundarios, Axiales a compresión y a tracción, torsiones, cuantías, distancia estribo de diseño, entre otras.

Columnas.

Figura 2-48. Diseño de columnas en DC-Cad.



Fuente: autores

Para el diseño de columnas a partir del modelo en 3 dimensiones en estructura de alambre y de la asignación de los ejes de la estructura, el programa crea automáticamente los nombre de las columnas tomando como referencia la intersección entre los ejes creados en planta.

La alineación de las caras de las columnas cuando estas sufren cambio de sección en altura es otra de las opciones que se pueden aplicar durante el desarrollo del programa, pero es una opción que no se va a tener en cuenta.

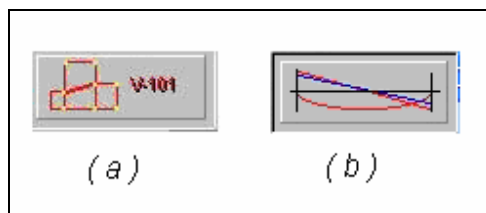
El siguiente paso es la revisión con la que se va a hacer el despiece. Al “clickear” el vínculo (c) de la fig. 5-7, el programa desplegará una tabla con todas las secciones candidatas a poder resistir las solicitaciones aplicadas a la columna. El usuario puede crear, editar o eliminar las secciones que considere convenientes.

A continuación viene el refuerzo de la columna. En el vínculo (c) de la fig. 5-7, es donde finalmente se desarrolla el despiece de cada una de las columnas. Posteriormente se exportan estos resultados gráficos a un archivo en AutoCad para su presentación final.

Vigas.

El diseño de las vigas se desarrolla de una manera muy similar al descrito anteriormente para el de columnas.

Figura 2-49. Diseño de vigas en DC-Cad.

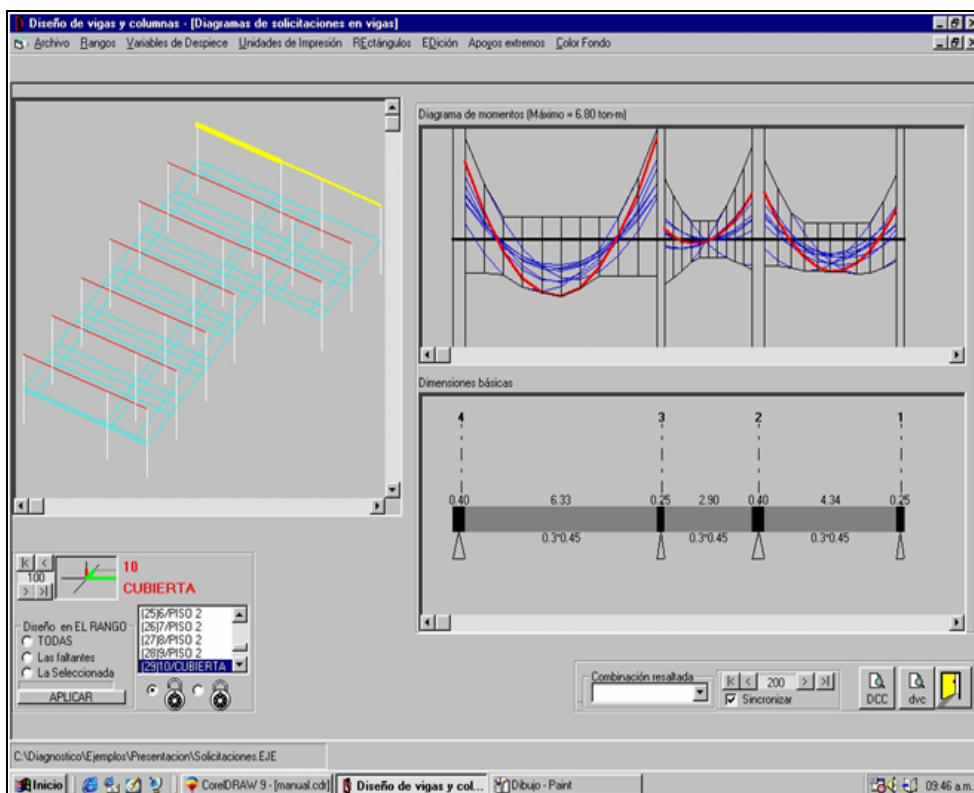


Inicialmente se hace la numeración de cada una de las vigas por cada nivel de piso de la estructura, con el vínculo (a) de la fig. 5-8. Y a continuación se procede con el diseño de cada una de ellas.

Durante el proceso de diseño de vigas (con el vínculo (b) de la fig. 5-8) el programa genera pantallazos con gráficos y con la vista 3D de las estructura, señalando la viga que se está diseñando y en las ventanas

adjuntas, los momentos de la viga para cada una de las combinaciones de carga utilizadas en el SAP, los apoyos y las luces de la misma viga como lo muestra la siguiente fig.

Figura 2-50. Pantallazo durante el diseño de vigas y columnas en el DC-Cad.

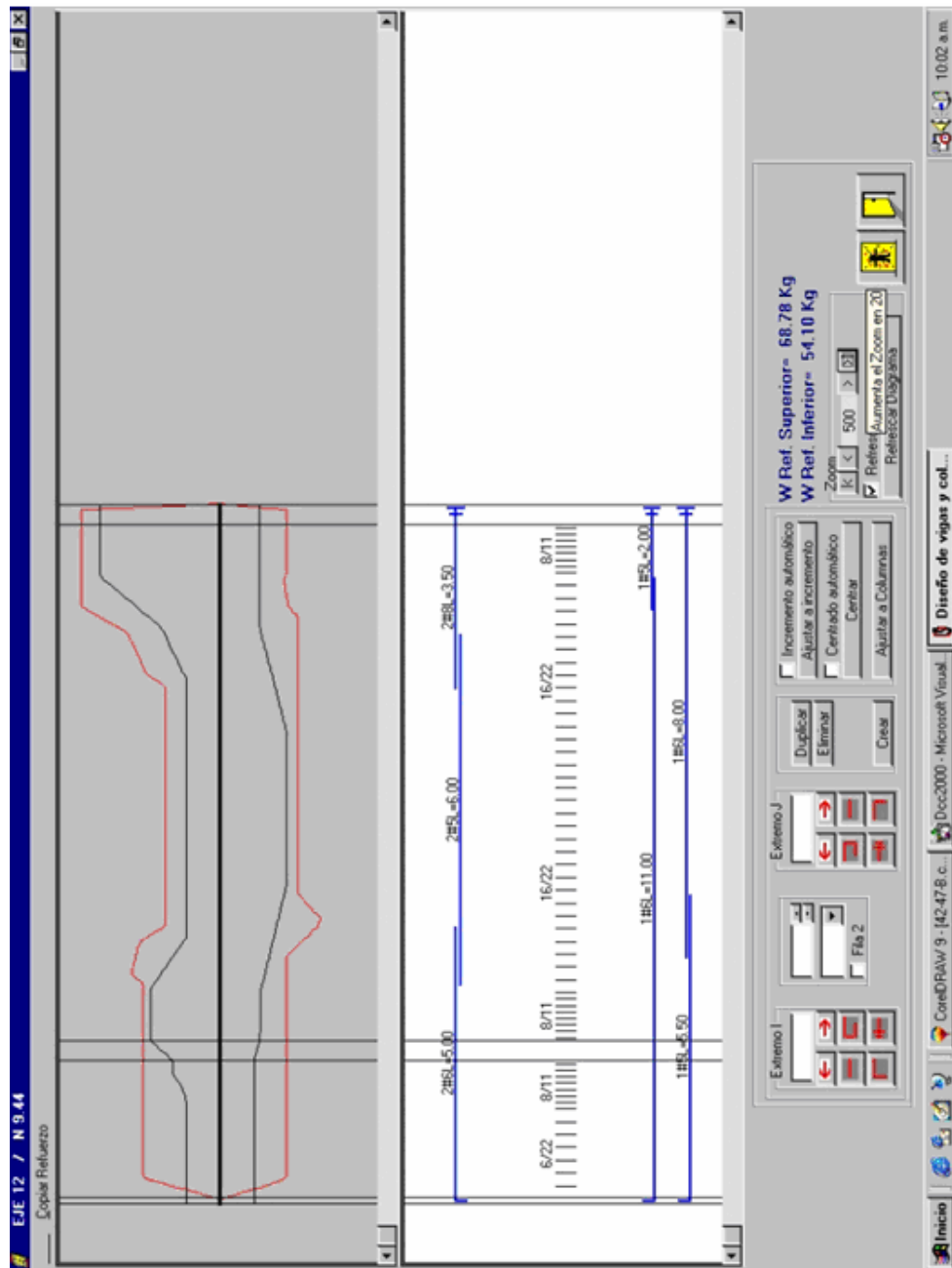


Fuente: autores

La siguiente grafica muestra el despiece de una de las vigas en estudio. La ventana superior muestra con una línea negra el contorno de la solicitación exigidas por la viga y la línea las solicitaciones cubiertas por el refuerzo. En la ventana inferior se muestra el despiece de la viga con sus longitudes de barras longitudinales, transversales (estribos), cada con sus distancias y diámetros respectivos.

Finalizado este proceso se continúa con la parte del dibujo de los elementos.

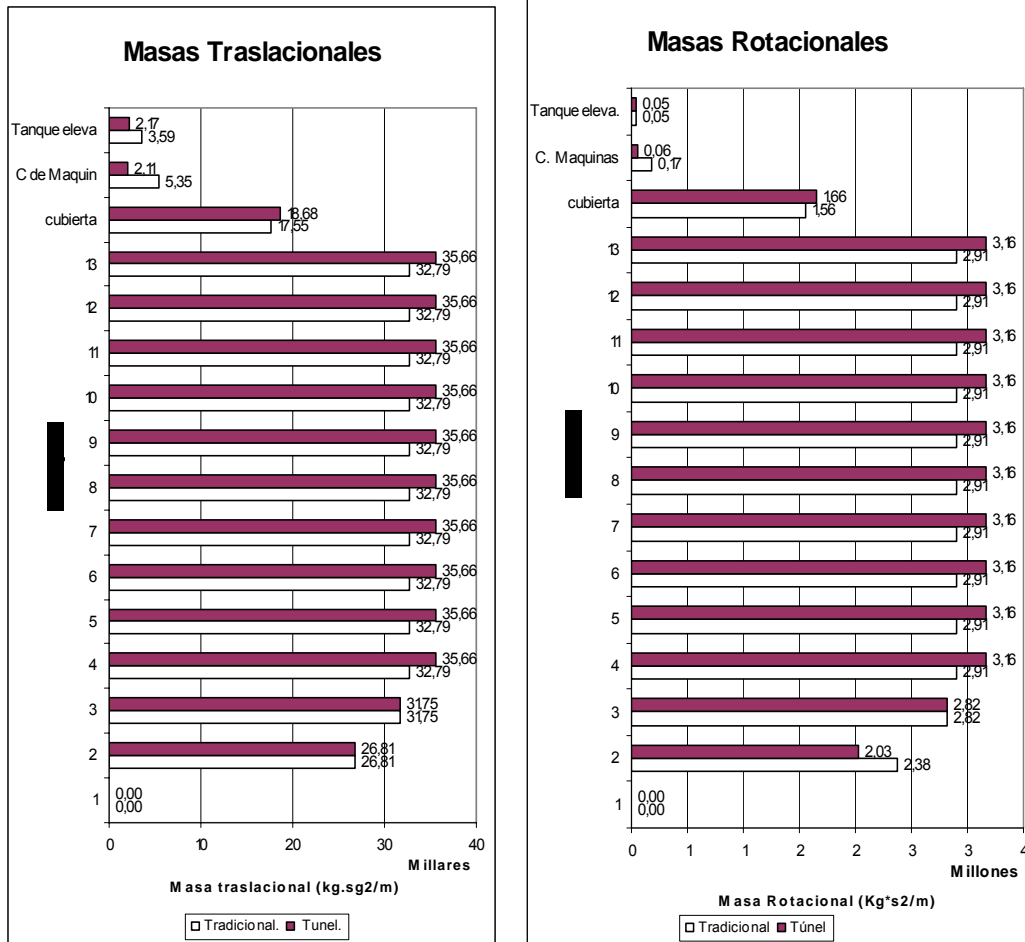
Figura 2-51. Despiece de vigas en DC-Cad.



Fuente: autores

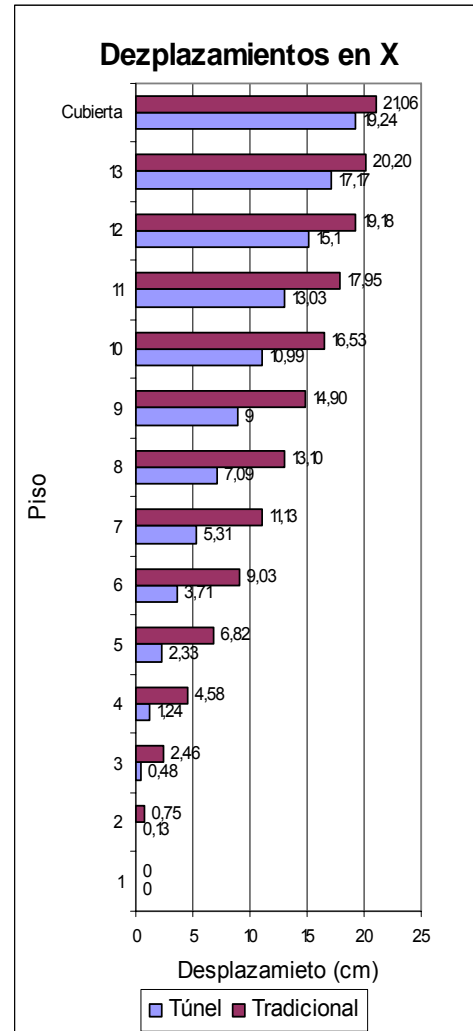
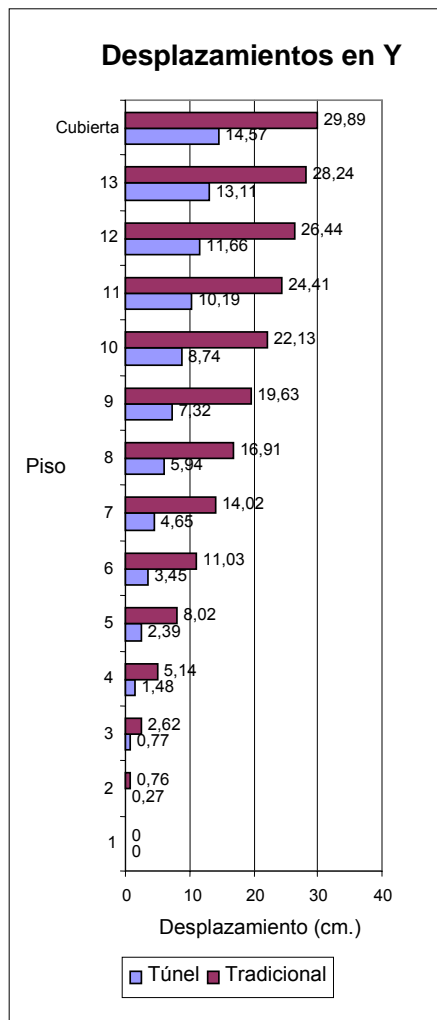
## 2.6 COMPARACIONES DE LOS SISTEMAS TÚNEL Y TRADICIONAL.

### 2.6.1 Comparación masas sistemas túnel y tradicional.



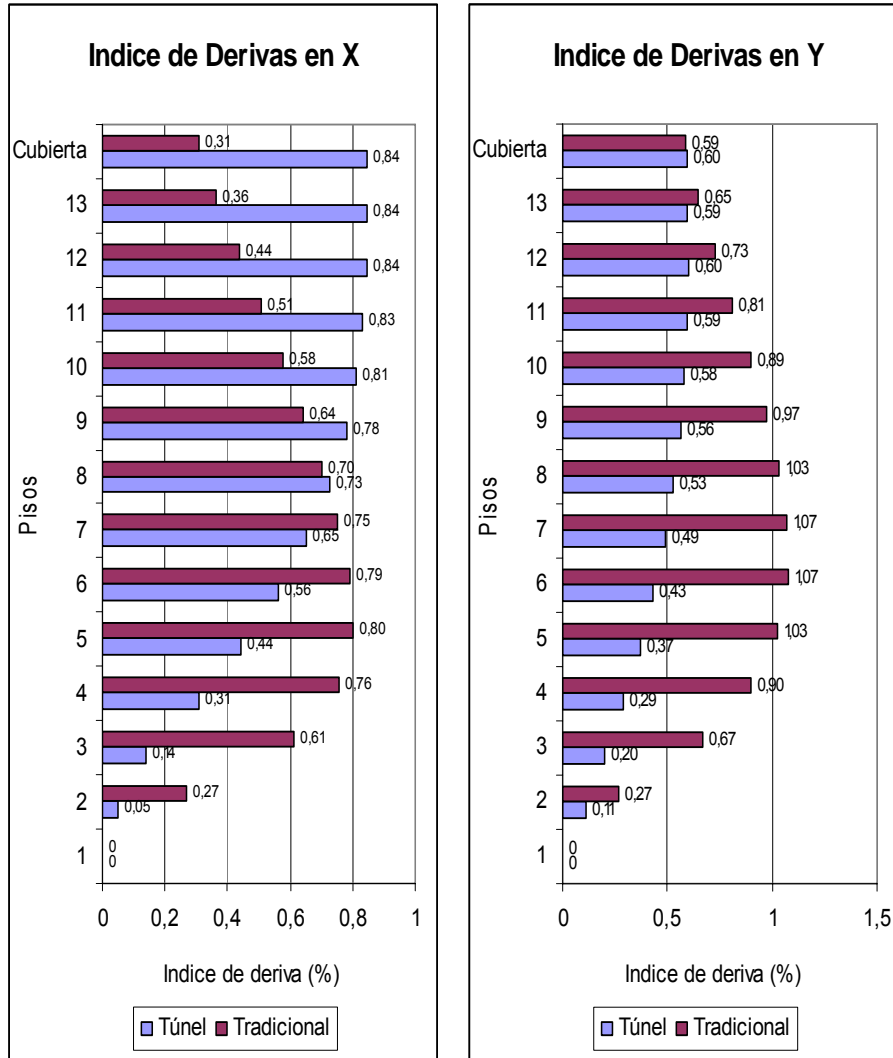
La masa trasnacional asociada con los grado de libertad horizontales, es decir, con los desplazamientos en X y Y, junto con las masas rotacionales asociada al grado de libertad rotacional, es mayor para el sistema Túnel que para sistema de Pórticos en la mayoría de los pisos, lo que quiere decir que se requiere someter a una fuerza mayor a los diafragmas del sistema Túnel para que halla determinado desplazamiento

## 2.6.2 Comparación desplazamientos túnel y tradicional.



Sabiendo de la irregularidad en planta de las estructuras, se determino la disposición de los muros estructurales y sección de columnas lo que afecta directamente el comportamiento de cada edificación en cuanto a desplazamientos horizontales en los sentidos X y Y, variado considerablemente en ambos sentidos y teniendo en cuenta la rigidez evidente en el sistema Túnel se denota mayor desplazamiento en el sistema de pórticos.

### 2.6.3 Comparación índices de derivas sistemas túnel y tradicional.



En las graficas se ve claramente el comportamiento esperado en las estructuras, notando que en el sistema tradicional los puntos críticos o de mayor índice de deriva están localizados en el tercio medio (5°, 6°, 7° y 8° piso), mientras que en el sistema de muros estructurales los puntos críticos o de mayor índice de deriva están localizados en los últimos pisos de la estructura (12°, 13° y cubierta) comportándose como una viga en voladizo.

### **3. COMPARACIÓN DE COSTOS DE ESTRUCTURA**

Este quizás sea por decirlo de alguna manera, uno de los capítulos más relevantes dentro del estudio, pues a partir de este, se obtienen las conclusiones. En él se definen las cantidades de concreto y las cuantías de acero dentro de cada una de las etapas de la construcción del proyecto (capítulos) y los costos que cada una de estas acarrea. Como ya se ha mencionado con anterioridad no existe realmente un documento donde se analice con detenimiento cada uno de los ítems en los que difiere un sistema del otro y más, aplicado a un mismo proyecto.

En este capítulo pues, se presentarán los resultados obtenidos y algunas descripciones tipo de las cantidades de obra de cada uno de los sistemas; se hará el análisis de precios unitarios de cada uno de los ítems que intervienen en los capítulos de presupuesto en los que presentan diferencias las dos estructuras y se presentará el cuadro de presupuesto para las edificaciones, con los costos totales y parciales de cada una de ellas.

#### **3.1 CANTIDADES DE OBRA**

El cálculo de las cantidades de obra es sin lugar a dudas uno de los procedimientos más importantes a la hora de definir el presupuesto del proyecto a ejecutarse, sin importar el tipo de estructura o el uso que se le vaya a dar a esta. Es un proceso dispendioso que a medida que aumenta la envergadura del proyecto se prolonga y se hace tedioso. Debe hacerse muy ordenadamente pues al tener que evaluar todo tipo de materiales, accesorios, longitudes, volúmenes, áreas, tuberías, etc., la persona encargada de este proceso puede ser presa fácil de cualquier equivocación ya sea incluyendo mas cantidad del material que se necesita o viceversa,

afectando directamente los costos de la obra y por ende el bolsillo del propietario.

Su proceso de cálculo con base en los planos siempre ha sido y será el mismo, solo que ahora con alguna ayuda tecnológica, pues no existe otra forma de obtener o de esbozar cuales van a ser los elementos de los que va a estar conformada la estructura. Para calcular cantidades de obra no se necesita de grandes conocimientos matemáticos; por ejemplo: si se desea obtener la cantidad de ladrillo H-10 que se emplearía en un muro de ciertas dimensiones; solo es necesario conocer las 4 operaciones básicas, (suma, resta, multiplicación y división) y tener lápiz y papel a mano. El conocimiento extra que sí se obliga a tener, debe ser la buena interpretación de los planos; pues ya sean estructurales, arquitectónicos, eléctricos, hidráulicos, sanitarios etc., las cantidades siempre se obtienen de su análisis respectivo.

Vista en fachada, la estructura en los 2 sistemas va a ser exactamente la misma así como su funcionamiento. Lo que viene a diferenciarlas es su composición o para definirlo mas claramente, el esqueleto del que cada una de ellas se conforma.

Por esta razón el cálculo de las cantidades de obra en cada uno de los sistemas *NO* se ha de tener en cuenta en su totalidad. Cantidades como por ejemplo: Friso impermeabilizado (utilizado en zonas húmedas como los baños y la cocina) enchapes, pisos en cerámica, instalaciones en general, etc., no deben analizarse, pues finalmente son cantidades prácticamente idénticas en los dos sistemas. Por ello, a partir del análisis de planos y de la elaboración de otros se han obtenido las cantidades de los ítems que estando en el sistema túnel no están en el tradicional o que efectivamente se pueden presentar en los dos sistemas pero que sus cantidades pueden variar considerablemente afectando el costo de la estructura.

Para llevar a cabo un análisis de costos, ya sea para un proyecto propio o para una licitación, el gremio constructor ha creado unos capítulos dentro de los cuales se especifican los ítems que harán parte del proyecto. Estos capítulos podrían definirse como las etapas que ha de llevar la obra durante su desarrollo. dichos capítulos son:

1. Preliminares: Define ítems como localización y replanteo topográfico, ubicación de campamentos y oficinas, cortes y retiro de tierra a maquina, el cerramiento del lote y las instalaciones eléctricas e hidráulicas provisionales.
2. Cimientos: Como su nombre lo indica, se definen todos aquellos ítems relacionados con la cimentación de la estructura. Excavaciones a mano, concreto ciclópeo y acero de cimentación entre otros
3. Desagües Sanitarios Primer Piso: Incluye tuberías de gres y cajas de inspección
4. Muros: Todos los ítems relacionados con la mampostería de la estructura. Vanos en mampostería, descolgados, ladrillo H10, H12 , H15, etc.
5. Pañetes: Todo tipo friso aplicado a la estructura, dilataciones, goteros y resanes de muros y pantallas.
6. Estructura: Incluye todo tipo de ítems relacionados con la estructura del edificio. Muros, columnas, vigas, escaleras, refuerzo figurado, malla electro-soldada, muros de contención, etc.
7. Cubierta: Análisis de los elementos de cubierta; manto impermeabilizante, mediacaña en mortero, alfajías en concreto, etc.

8. Cielorraso: En dry wall por metro cuadrado (M2) y metro lineal (ML)
9. Pisos: Se analizan cantidades de pisos en cerámica, en gres, en madera, etc., guardaescobas y mortero sobre las placas de los sótanos.
10. Enchapes: En baños y cocina acolillada losa y gargolas
11. Instalaciones hidráulicas y sanitarias: Además de incluirse todo tipo de tubería hidráulica y sanitaria; montantes, bajantes, acometidas, tuberías de ventilación; también incluye las tuberías para la red de gas.
12. Instalaciones Eléctricas: Es un costo total de instalación por cada apartamento.
13. Aparatos Sanitarios: Además de las cantidades de sanitarios, lavamanos y duchas, se incluyen rejillas metálicas, de ventilación y los lavaderos prefabricados.
14. Carpintería en madera: Puertas en madera y entrepaños y puertas de clóset.
15. Carpintería Metálica: Ventanería y divisiones en aluminio, pasamanos, nichos medidores de gas y portón de acceso al garaje entre otros.
16. Equipos especiales y de cocina: Se cuantifican ítems como mesón metálico y muebles de cocina así como también la citofonía, las bombas de tanque bajo y tanque elevado, planta de emergencia y ascensor entre otros.

17. Cerrajería: Para puerta de acceso, habitaciones, baños y puertas varias.
18. Vidrios: De 3 y 5mm lo mas utilizados en gabinetaría de incendios por ejemplo. No se incluyen los vidrios de la ventanería.
19. Pintura: Estucos, rústicos bajo las placas, cal en muros y placas de sótano, esmalta de pasamanos y líneas de marcación en los parqueaderos son algunos de los ítems incluidos en este capítulo.
20. Varios Exteriores: En este capitulo se incluyen todos aquellos elementos, aparatos, y actividades que dan por terminado el proyecto. Entre ellos se encuentran las piscina y su perímetro, muebles y mesones de recepción, sauna, turco, jardinería, resanes definitivos, limpieza y aseo finales, etc.
21. Herramientas: mezcladora, vibrocompactador, taladro, pulidora, motobomba y grúa son las herramientas mas tenidas en cuenta dentro del presupuesto de este capítulo.
22. Administración de obra: Se termina el presupuesto de obra con este capítulo donde se incluyen los costos del personal administrativo, celaduría, aportes parafiscales, equipos de oficina y papelería entre otros.

En la siguiente tabla se presentan los ítems que se deben tener en cuenta dentro de las etapas de cimientos, muros, pañetes y estructura; pues como ya se dijo párrafos atrás, los costos en los otros capítulos de análisis de costos podrían considerarse como iguales entre las dos edificaciones.

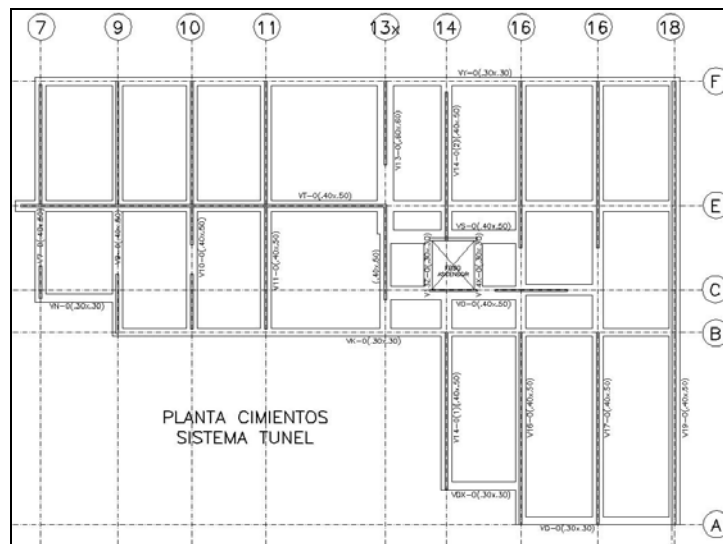
Tabla 3-1. Ítems diferencia entre el sistema túnel y el tradicional

ITEMS A CONSIDERAR					
SISTEMA TUNEL			SISTEMA TRADICIONAL		
CAP	ITEM	UN D	CAP	ITEM	UN D
2	<b>CIMIENTOS</b>		2	<b>CIMIENTOS</b>	
	EXCAVACIÓN A MANO	M3		EXCAVACIÓN A MANO	M3
	CIMIENTOS EN CONCRETO REFORZADO	M3		CIMIENTOS EN CONCRETO REFORZADO	M3
	RETIRO DE SOBRANTES	M3		RETIRO DE SOBRANTES	M3
	RELLENOS A MANO	M3		RELLENOS A MANO	M3
	ACERO DE CIMENTACION	KG		ACERO DE CIMENTACION	KG
4	<b>MUROS</b>		4	<b>MUROS</b>	
				EN LADRILLO H-10	M2
5	<b>PAÑETES</b>		5	<b>PAÑETES</b>	
	RESANES PANTALLAS DE FACHADA	M2		FRISO SOBRE MUROS INTERIORES	M2
	RESANES MUROS CONCRETO Y PLACAS	U		FRISO FACHADA	M2
				FRISO PLACAS	M2
				DILATACIONES DE FACHADA	ML
6	<b>ESTRUCTURA</b>		6	<b>ESTRUCTURA</b>	
	PANTALLAS EN CONCRETO E=,15	M2		PLACA ALIGERADA e=.40	M2
	PLACAS EN CONCRETO E=,10	M2		COLUMNAS EN CONCRETO	M3
	PLACAS EN CONCRETO E=,12	M3		REFUERZO FIGURADO	KG
	PLACAS EN CONCRETO E=,15	M3		REFUERZO MALLA	KG
	VIGAS DESCOLGADAS ,15*,25	ML		ELECTROSOLDADA	
	REFUERZO FIGURADO	KG			
	REFUERZO MALLA ELECTROSOLDADA	KG			

Fuente: autores

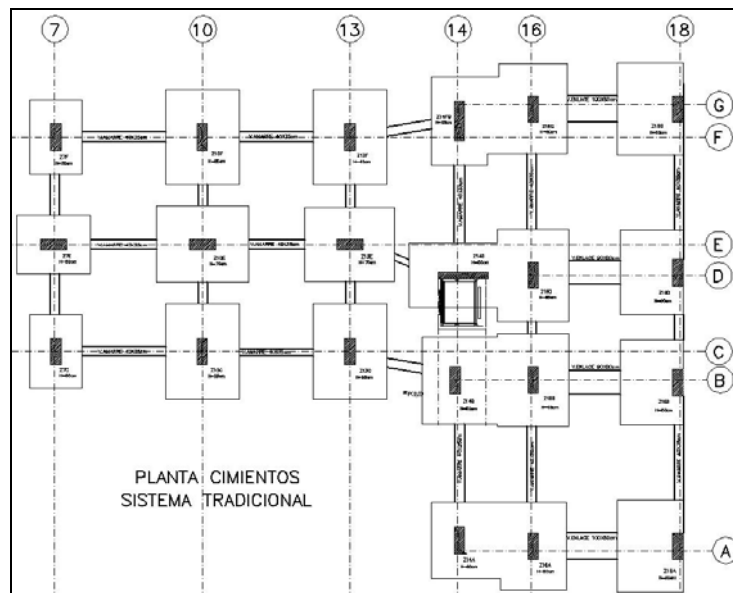
**3.1.1 Cimientos.** Las cantidades de obra dentro de este capítulo son obtenidas a partir de los planos de cimentación.

Fig. 3-1: Planta cimentación – Sist. Túnel



Fuente: autores

Fig. 3-2: Planta cimentación – Sist. Tradicional.

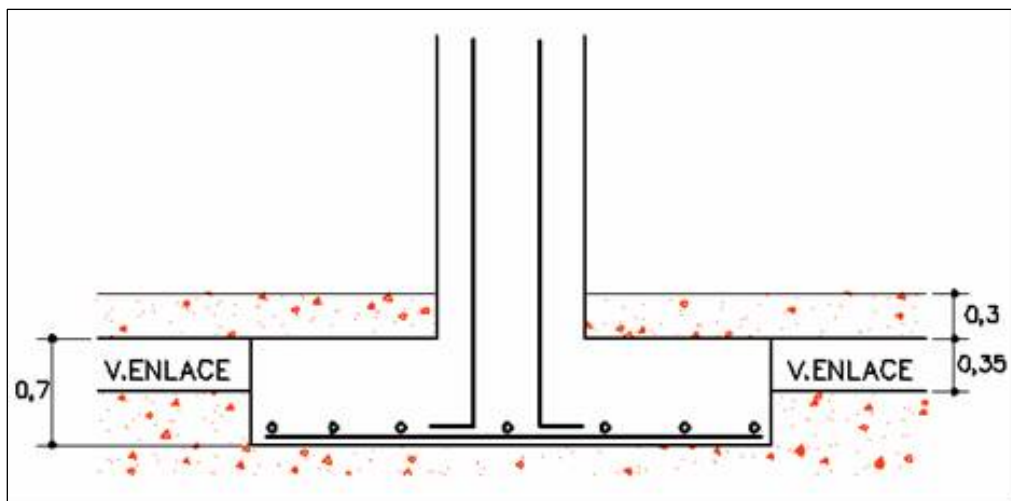


Fuente: autores

Los cimientos en concreto reforzado y el acero de cimentación son obtenidos a partir de los volúmenes de los elementos de concreto de los planos y el acero de cimentación a partir de los despieces de los mismos.

Para los volúmenes de rellenos y excavación a mano se tomo una altura de relleno adicional de 30cm sobre la parte superior de la zapata y el retiro de sobrantes se multiplicó por un factor de expansión de 1.3 del material extraído

Figura 3-3. Detalle Zapata – Sist. Tradicional.



Fuente: autores

Tabla 3-2. Cantidades de obra – cimentación

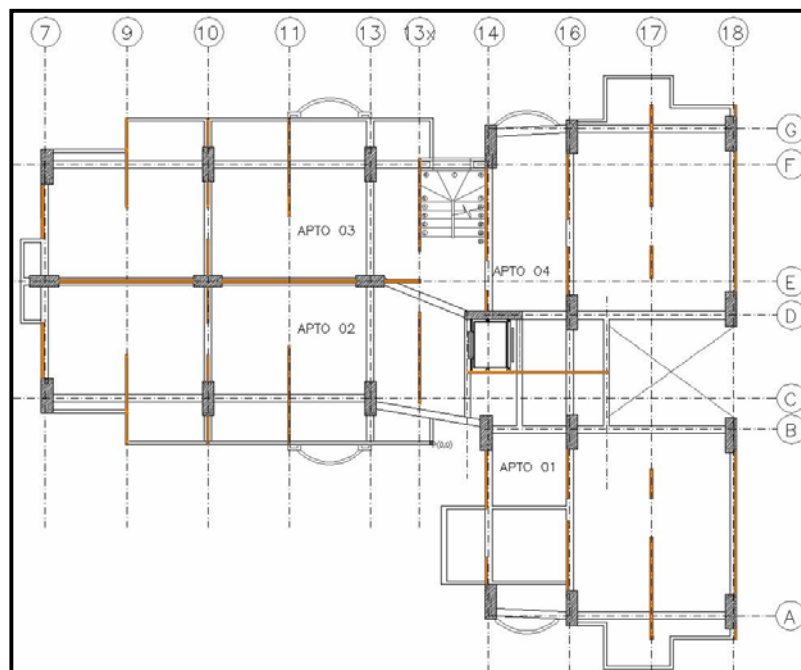
CANTIDADES DE OBRA - CAP 2 CIMIENTOS					
SISTEMA TUNEL			SISTEMA TRADICIONAL		
ITEM	CANT	UN D	ITEM	CANT	UN D
EXCAVACIÓN A MANO	63.48	M3	EXCAVACIÓN A MANO	164.2	M3
CIMIENTOS EN CONC. REFORZADO	38.30	M3	CIMIENTOS EN CONC. REFORZADO	109.9	M3
				5	

CANTIDADES DE OBRA - CAP 2 CIMIENTOS					
SISTEMA TUNEL			SISTEMA TRADICIONAL		
RETIRO DE SOBRANTES	49.82	M3	RETIRO DE SOBRANTES	164.5	M3
RELLENOS A MANO	25.15	M3	RELLENOS A MANO	8	M3
ACERO DE CIMENTACION	3507.	KG	ACERO DE CIMENTACION	7426.	KG
	93			65	

Fuente: autores

**3.1.2 Muros.** Dentro de este capítulo, como se puede apreciar en la tabla 3.1 el único ítem en consideración son los muros de mampostería en ladrillo H-10 dentro del sistema tradicional. Esta cantidad equivale al área de mampostería que vendría a remplazar el área que en el sistema túnel es ocupada por las pantallas de concreto. La figura muestra en color los muros en mampostería que conformaban la superestructura en el sistema túnel.

Figura 3-4. Mampostería adicional – Sist. Tradicional. Piso tipo



Fuente: autores

Tabla 3-3. Mampostería en ladrillo H-10 . Sist. Tradicional.

CANTIDADES DE OBRA - CAP 4 MUROS		
SISTEMA TRADICIONAL		
ITEM	CANT.	UND
MAMPOSTERIA EN LADRILLO H-10	2430.20	M2

Fuente: autores

**3.1.3 Pañetes.** En este capítulo se tienen en cuenta 6 ítems compartidos para las 2 estructuras; el resane de pantallas de fachada para el sistema túnel y los frisos de fachada, muros interiores, placas y dilataciones de fachada para el sistema tradicional. Al igual que con el capítulo anterior, los muros interiores que se estudian son adicionales a los que ya existen en el sistema túnel. Esta operación de cálculo de cantidades se realizó con los mismos planos de mampostería del capítulo de muros.

Tabla 3-4. Cantidades de obra - Cap 5

CANTIDADES DE OBRA - CAP 5 PAÑETES					
SISTEMA TUNEL			SISTEMA TRADICIONAL		
ITEM	CANT.	UN	ITEM	CANT.	UN
RESANES PANTALLAS DE FACHADA	874.94	M2	FRISO SOBRE MUROS INTERIORES	3655.00	M2
RESANE MUROS DE CONCRETO Y PLACAS	52	U	FRISO FACHADA	352.68	M2
			FRISO PLACAS	3052	M2
			DILATAIONES FACHADA	707.70	ML

Fuente: autores

**3.1.4 Estructura.** Es el capítulo que define las grandes diferencias entre el sistema túnel y el tradicional. En la tabla se observan las cantidades de los ítems que conforman cada uno de los sistemas.

Tabla 3-5.Cantidades de obra - Cap 6

CANTIDADES DE OBRA - CAP 6 ESTRUCTURA						
SISTEMA TUNEL			SISTEMA TRADICIONAL			
ITEM	CANT.	UND	ITEM	CANT.	UND	
PANTALLAS EN CONCRETO E=,15	3404.13	M2	COLUMNAS EN CONCRETO REF.	277.90	M3	
PLACAS EN CONCRETO E=,10	3351.28	M2	REFUERZO FIGURADO	113716.94	KG	
PLACAS EN CONCRETO E=,12	654.61	M2	REF. MALLA ELECTROSOLDADA	6284.93	KG	
PLACAS EN CONCRETO E=,15	40.50	M2	PLACA ALIGERADA e=.40	4047.6	M2	
VIGAS DESCOLGADAS .15X.20	180.70	ML				
REFUERZO FIGURADO	56866.52	KG				
REF. MALLA ELECTROSOLDADA	37300.00	KG				

Fuente: autores

### 3.2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

El análisis de precios unitarios (APU) es la conformación en costos de cada uno de los ítems que hacen parte de los costos de construcción de un proyecto. Para la obtención de cada uno de ellos se hace una división en materiales, mano de obra, equipo y transporte. Este último título generalmente se evalúa dentro de los precios de los materiales. Otro de los títulos analizados dentro de cada análisis de precios son los costos indirectos o costos de Administración, Imprevistos y Utilidades (A.I.U) que representan un determinado porcentaje sobre el valor unitario de cada ítem. Esta equivalencia es definida a criterio del ingeniero o de la empresa encargada. Para el estudio realizado no fue considerado sobre ninguno de los ítems.

Cada uno de los ítems debe tener una unidad de medida, así como la tienen los insumos que los componen. Entre las más utilizadas dentro del análisis de precios se encuentran: metro lineal (ML), metro cuadrado (M2), metro cúbico (M3), kilogramo (KG), unidad (U) y global (GB) que es la unidad

empleada para definir una tarea total, por Ej.: campamento, instalaciones provisionales, etc. En cuanto a la mano de obra, esta se puede analizar por precios a destajo (unidad de obra ejecutada) ó por administración de obra; que es cuando las labores se pagan por día laborado.

Finalizados los análisis de precios, estos se llevan al cuadro de presupuesto donde están definidas las cantidades de cada uno de los ítems de obra y el valor unitario de cada uno de ellos; su multiplicación define el valor parcial y la suma de todos estos arroja el presupuesto general de la obra.

A manera de ejemplo, se presenta en la fig. 3.5 el análisis unitario para las columnas en concreto reforzado. La totalidad de APU's se presentarán en el anexo

Figura 3-5. A. P.U tipo - columnas en concreto

INVERSIONES LA FONTANA LTDA		Análisis de Precios Unitarios				Hoja:	
OBRA: CACIQUE IPANÁ						Fecha:	SEPT-2005
ITEM: COLUMNAS CONCRETO REFORZADO						Unidad:	M3
<b>1. EQUIPO</b>							
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Tarifa Horaria</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>			
2502	VIBRADOR	6,000.00	1.5	9,000.0			
2560	ANDAMIOS TUBULARES	37.5	3.0	112.5			
<b>Sub-total Equipos:</b>							<b>9,113</b>
<b>2. MATERIALES EN LA OBRA</b>							
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% Desp</b>	<b>V/r Unitario</b>	<b>V/r Parcial</b>	
204	CONCRETO PREMZ 3000 PSI 3/4	M3	1	5%	180,000.0	189,000.0	
605	FORMALETA MET. COLUMNAS	ML	5		3,600.0	18,000.0	
535	ANTISOL BLANCO	KG	1.7	5%	2,243.0	4,003.8	
245	ALAMBRE NEGRO	KG	6	5%	2,320.0	14,616.0	
<b>Sub-total Materiales:</b>							<b>225,620</b>
<b>3. MANO DE OBRA</b>							
<b>Cd</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>V/r Jornal o Subct.</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>		
3605	COLUMNAS EN CONCRETO a c	M3	80,000.0	1.2	96,000.0		
Sub-Total						96,000.0	
Prestaciones Sociales: %						-	
Herramienta menor:						4,800	
<b>Sub-total Mano de Obra:</b>						<b>100,800</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>335,532</b>	
<b>4. COSTOS INDIRECTOS</b>							
<b>Descripcion</b>		<b>% Costo Directo</b>		<b>V/r Parcial</b>			
A.I.U.		25%		83,883.06			
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>						<b>83,883</b>	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>						<b>419,415</b>	

Fuente: autores

### 3.3 CUADRO DE PREPUESTO

#### 3.3.1 Sistema túnel

#### UNIDAD RESIDENCIAL CACIQUE IPANÁ CUADRO DE PRESUPUESTO - SISTEMA TUNEL - 13 PISOS -

	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTID.	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL	% INCID.	VR UNITARIO
1	<b>PRELIMINARES</b>						
2	<b>CIMENTOS</b>						
	EXCAVACIÓN A MANO	M3	63,48	12.340	783.318	0,148%	
	CIMENTOS EN CONCRETO REFORZADO	M3	38,32	265.826	10.187.240	1,923%	
	RETIRO DE SOBANTES	M3	49,82	8.955	446.138	0,084%	
	RELLENOS A MANO	M3	25,15	9.740	244.980	0,046%	
	ACERO DE CIMENTACIÓN	KG	3508,00	1.848	6.484.328	1,224%	
	<b>SUBTOTAL CAPÍTULO</b>					2,202%	<b>18.146.004</b>
3	<b>DESAGUES SANITARIOS PRIMER PISO</b>						
4	<b>MUROS</b>						
5	<b>PAÑETES</b>						
	RESANES PANTALLAS DE FACHADA	M2	874,94	5.339	4.671.077	0,882%	
	RESANES MUROS CONCRETO Y PLACAS	U	52,00	61.969	3.222.413	0,608%	
	<b>SUBTOTAL CAPÍTULO</b>					0,882%	<b>7.893.489</b>
6	<b>ESTRUCTURA</b>						
	PANTALLAS EN CONCRETO E=,15	M2	3404,13	48.263	164.291.824	31,019%	
	PLACAS EN CONCRETO E=,10	M2	3351,28	33.202	111.270.120	21,008%	
	PLACAS EN CONCRETO E=,12	M2	654,61	37.792	24.739.201	4,671%	
	PLACAS EN CONCRETO E=,15	M2	40,50	44.377	1.797.280	0,339%	
	VIGAS DESCOLGADAS .15X.20	ML	180,70	9.600	1.734.720	0,328%	
	REFUERZO FIGURADO	KG	56866,52	2.003	113.900.228	21,505%	
	REFUERZO MALLA ELECTROSOLDADA	KG	37300,00	2.302	85.881.012	16,215%	
	<b>SUBTOTAL CAPÍTULO</b>					95,084%	<b>503.614.385</b>
	<b>SUMA</b>				<b>529.653.878</b>	100,000%	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS DE EDIFICACIÓN</b>					<b>529.653.878</b>		

AREA CONSTRUIDA: (M2)

4.047,50

COSTO DIRECTO POR M2 CONSTRUIDO:

130.860

B/manga, Septiembre 2005

### 3.3.2 Sistema tradicional

#### **UNIDAD RESIDENCIAL CACIQUE IPANÁ** **CUADRO DE PRESUPUESTO - SISTEMA APORTICADO - 13 PISOS -**

	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTID.	VR. UNITARIO	VR. PARCIAL	% INCI.D.	VR UNITARIO
1	PRELIMINARES						
2	CIMENTOS						
	EXCAVACIÓN A MANO	MB	188.61	12,340	2,327,372	0.332%	
	CIMENTOS EN CONCRETO REFORZADO	MB	126.80	265,826	33,653,539	4.801%	
	RETIRO DE SOBANTES	MB	164.68	8,955	1,473,814	0.210%	
	RELLENOS A MANO	MB	62.01	9,740	803,977	0.086%	
	ACERO DE CIMENTACION	KG	7426.65	1,848	13,727,717	1.958%	
	SUBTOTAL CAPITULO					5.429%	51,786,419
3	DESAGUES SANITARIOS PRIMER PISO						
4	MUROS						
	EN LADRILLO H-10	M2	2430.20	15,415	37,462,047	5.344%	
	SUBTOTAL CAPITULO					5.344%	37,462,047
5	PANETES						
	FRISO SOBRE MUROS INTERIORES	M2	3655.00	6,325	23,119,592	3.298%	
	FRISO FACHADA	M2	352.66	12,877	4,541,374	0.648%	
	FRISO PLACAS	M2	3052.00	7,430	22,676,221	3.235%	
	DILATACIONES FACHADA	ML	707.70	1,821	1,288,792	0.184%	
	SUBTOTAL CAPITULO					3.946%	51,625,979
6	ESTRUCTURA						
	COLUMNAS EN CONCRETO REFORZADO	MB	277.90	352,797	98,042,349	13.987%	
	REFUERZO FIGURADO	KG	113716.94	2,003	227,768,199	32.493%	
	REFUERZO MALLA ELECTRO SOLDADA	KG	6284.93	2,302	14,470,674	2.064%	
	PLACA ALIGERADA e= 40	M2	4047.60	54,307	219,813,013	31.358%	
	SUBTOTAL CAPITULO					79.903%	560,094,235
	SUMA				700,968,680	100.000%	
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS DE EDIFICACION</b>					<b>700,968,680</b>		

**AREA CONSTRUIDA: (M2)**

**4,047.60**

**COSTO DIRECTO POR M2 CONSTRUIDO:**

**173,181**

Los resultados de los costos totales de cada una de las estructuras por capítulo y la diferencia en costos y porcentaje de cada uno de ellos se puede consultar en la tabla 3-6 presentada a continuación.

Tabla 3-6: Costos totales de por edificación

<b>COSTOS TOTALES DE EDIFICACION</b>					
CAPITULO	TUNEL	TRADICIONAL	Dif. COSTOS	Dif. %	
2	CIMENTOS	18,146,004.0	51,786,419.0	33,640,415.0	65.0
4	MUROS	0.0	37,462,047.0	37,462,047.0	100.0
5	PAÑETES	7,893,489.0	51,625,979.0	43,732,490.0	84.7
6	ESTRUCTURA	503,614,385.0	560,094,235.0	56,479,850.0	10.1
<b>TOTAL =</b>		<b>529,653,878.0</b>	<b>700,968,680.0</b>	<b>171,314,802.0</b>	<b>24.4</b>

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Son evidentes las ventajas que a nivel de eficiencia en la velocidad de ejecución de obra tiene el sistema túnel contra el sistema aporticado, factor que se ve ligado indiscutiblemente con los costos generales del proyecto; pero también son innegables las ventajas arquitectónicas que para el constructor y el usuario presenta el sistema tradicional en el manejo de áreas mucho mas grandes y por ende, espacios mas confortables. La última palabra la tiene el constructor: costos o comodidad?

Para el caso de edificios comerciales e institucionales donde surgen con frecuencia dobles volúmenes, luces medias y espacios irregulares, el sistema aporticado resulta ser la mejor opción, máxime cuando se combina con sistemas industrializados de placas como el de lámina colaborante. Esto ratifica la funcionalidad del sistema tradicional en estructuras de todo tipo; frente a la rigidez arquitectónica que debe manejar el sistema de muros, encasillándolo prácticamente en un sistema utilizado únicamente para la construcción de vivienda en estratos 3, 4 y 5.

La utilización de la herramienta SAP-2000 en el modelamiento de las 2 estructuras reafirma la importancia cada vez más fuerte, de la utilización de los programas computacionales en el modelamiento de elementos estructurales para su análisis y diseño. Aunque los resultados fueron los esperados; la velocidad en el análisis de la estructura de muros y placas se ve reducida considerablemente por el sin número de elementos "shell" que el software debe analizar para un cálculo más preciso. Se recomienda la utilización de software para el modelamiento de estructuras tipo túnel en el que no se haga su análisis por elementos finitos.

Obtenidos los resultados del análisis estructural por SAP-2000 de las dos edificaciones (Cap. 2) se observa claramente el mejor comportamiento de la estructura tipo túnel ante los efectos dinámicos aplicados según la NSR-98; caso contrario al de la edificación en vigas y columnas. Partiendo del principio de que la deriva, dentro de los por efectos sísmicos es la que produce los daños en la edificación y que a mayor comportamiento flexible de la estructura mayor deriva; se puede ver como el sistema aporticado requiera de secciones de gran tamaño, principalmente en las columnas, para compensar y resistir las sollicitaciones por esfuerzo a cortante que produce el sismo en ambas direcciones y que en el sistema túnel es muy bien asimilado por las pantallas.

De las gráficas 2-36 y 2-39 se puede comprobar el comportamiento estructural de cada uno de los sistemas ante los efectos de sismo. Por acción de su rigidez el sistema túnel simula el comportamiento de una viga en voladizo; localizando sus índices máximos de deriva en los últimos niveles (pisos 12°, 13° y cubierta). Para el caso del sistema de pórticos los puntos críticos o de mayor índice de deriva están localizados en el tercio medio de la edificación (4°, 5° y 6° piso)

Los 4.4 m. de diferencia en altura que presentan las dos edificaciones es otro de los factores que favorece al mejor comportamiento estructural del sistema túnel. Esta diferencia se ve reflejada en los desplazamientos en cada sentido de las 2 estructuras. En sentido X hay una diferencia en el desplazamiento del 9% menos en el sistema de muros estructurales frente al tradicional; mientras que en el sentido Y el valor del desplazamiento en el sistema túnel solo representa el 49% del valor total obtenido en el sistema de vigas y columnas.

Hacer el planteamiento de una estructura de más de 5 pisos en un sistema de vigas y columnas resulta realmente antieconómico; pues a medida que la estructura va adquiriendo altura, la rigidez de la edificación va disminuyendo y el aumento exagerado en las secciones de los elementos estructurales para el cumplimiento de la deriva (vigas y columnas) es inminente. Por esta razón la recomendación primordial es la de la aplicación del sistema DUAL donde se combinan vigas y columnas con muros estructurales.

Los costos directos de estructura entre el sistema de muros estructurales y el sistema tradicional de vigas y columnas arrojan un resultado final en el que el sistema túnel es un 24,4% más económico que el sistema de pórticos. Este resultado se sustenta con detenimiento en la tabla 3-6.

La estructura en sistema túnel tiene un costo total de \$529,653,878.0 contra 700,968,680.0 del sistema de vigas y columnas generando un valor diferencia de 171,314,802.0. El 32% de la diferencia de costos esta en el capítulo de estructura (56,479,850.0) pero de igual forma su porcentaje de diferencia entre un sistema y el otro es solo del 10.1%; mientras que en los otros capítulos los porcentajes de diferencia de sus precios son del 65, 84.7 y 100% para cimientos, pañetes y muros de mampostería respectivamente; llegando a afirmar que el valor diferencia entre la estructura de pórticos y la de muros estructurales prácticamente se define en estos 3 primeros capítulos.

Las cantidades de kilogramos de acero por metro cuadrado de estructura construida obtenidas fueron de 23.53 Kg./m<sup>2</sup> y 27.31 Kg./m<sup>2</sup> para el sistema túnel y el sistema tradicional respectivamente; valores que se ubican dentro del rango de cuantías para estructuras de estas características. Estos rangos de valores establecidos a través de los años por la experiencia propia del ingeniero constructor son resultados que le ayudan a ratificar que

las proporciones de acero para el área construida de estructura fueron las correctas. Cabe anotar que estas cuantías logradas son menores a las que generalmente se obtienen para proyectos de similares características pues hubo una cantidad de acero considerable que no se incluyó dentro del análisis. Escaleras, muros de contención, tanque elevado, rampas y piscina entre otros, son elementos de la estructura que representan un considerable valor de acero que incide en la cuantía general del proyecto pero que no se consideraron por que en las dos estructuras estos elementos tienen las mismas características.

Otra de las cuantías que usualmente se toma como punto de referencia para verificar la racionalidad de un proyecto y que es de gran consideración dentro del análisis es la cantidad de acero por metro cuadrado de placa. Estas fueron de 8.5 Kg./m<sup>2</sup> en el sistema de muros y 14.21 Kg./m<sup>2</sup> en el aporticado; lo que equivale a un 40.2% menos en el sistema túnel. Este incremento se ve reflejado en cantidades de acero de vigas de borde por ejemplo, donde la cantidad de refuerzo del sistema tradicional fácilmente duplica al del sistema túnel longitudinal como transversalmente.

En el capítulo de cimentación los costos arrojados por el sistema túnel solo representan el 35% del valor que se obtiene en el sistema tradicional. La conformación de una estructura más rígida y compacta, 58.67 Kg./m<sup>3</sup> de concreto del sistema tradicional frente a 91.54 Kg./m<sup>3</sup> del túnel donde las vigas de cimentación concentran la carga distribuida de toda la estructura, provoca un ahorro considerable de concreto, excavación y relleno; contrario al volumen que se tiene que usar para cumplir con las solicitaciones de las columnas lo cual implica la construcción de zapatas individuales a las que se les suman los volúmenes por vigas de amarre y de enlace.

Como labor previa a la aplicación del estuco, en el sistema tradicional se debe pañetar o frisar, en el sistema túnel solo se realiza el resane de pantallas. Este valor equivale al 15.68% del valor que representa el costo de pañete en los muros de mampostería. A este capítulo se le suman además las dilataciones en fachada que es otro de los ítems que se adiciona a los costos del sistema de vigas y columnas.

## BIBLIOGRAFIA

- NSR – 98, Norma Sismo Resistente, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogota Colombia. 1998.

[2] Noticreto La Revista de la Técnica y La Construcción (ediciones 35, 46, 47, 49 ,59, 64, 65, 72).

- Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Bonett Díaz, Ricardo León. Barcelona, España 2003.

- Manual de Diseño de Muros Estructurales con Análisis en SAP2000 Fuerza Horizontal Equivalente, Elkin García Maldonado, Bucaramanga 2000.

- Manual SAP2000 Análisis de Elementos Finitos y Diseño de estructuras Integrado, SimulationSoft, 2001.

- MALDONADO, Esperanza; CHIO Gustavo, Dinámica Estructural análisis Sísmico de Edificaciones, Ediciones UIS, Bucaramanga 2004.

- McCORMAC Jack C. Diseño de Concreto Reforzado, 4ª Edición, Editorial Alfaomega México, DF. 2002.

- Nilson H. Arthur, Winter George. Diseño de Estructuras de Concreto, 11ª Edición, McGraw Hill, Bogota, Colombia. 1994.

- BARRIENTOS R. Ana Teresa, RUEDA S. Alejandro. Estudio de Tendencia de la Construcción de Edificaciones en Colombia hacia Sistemas

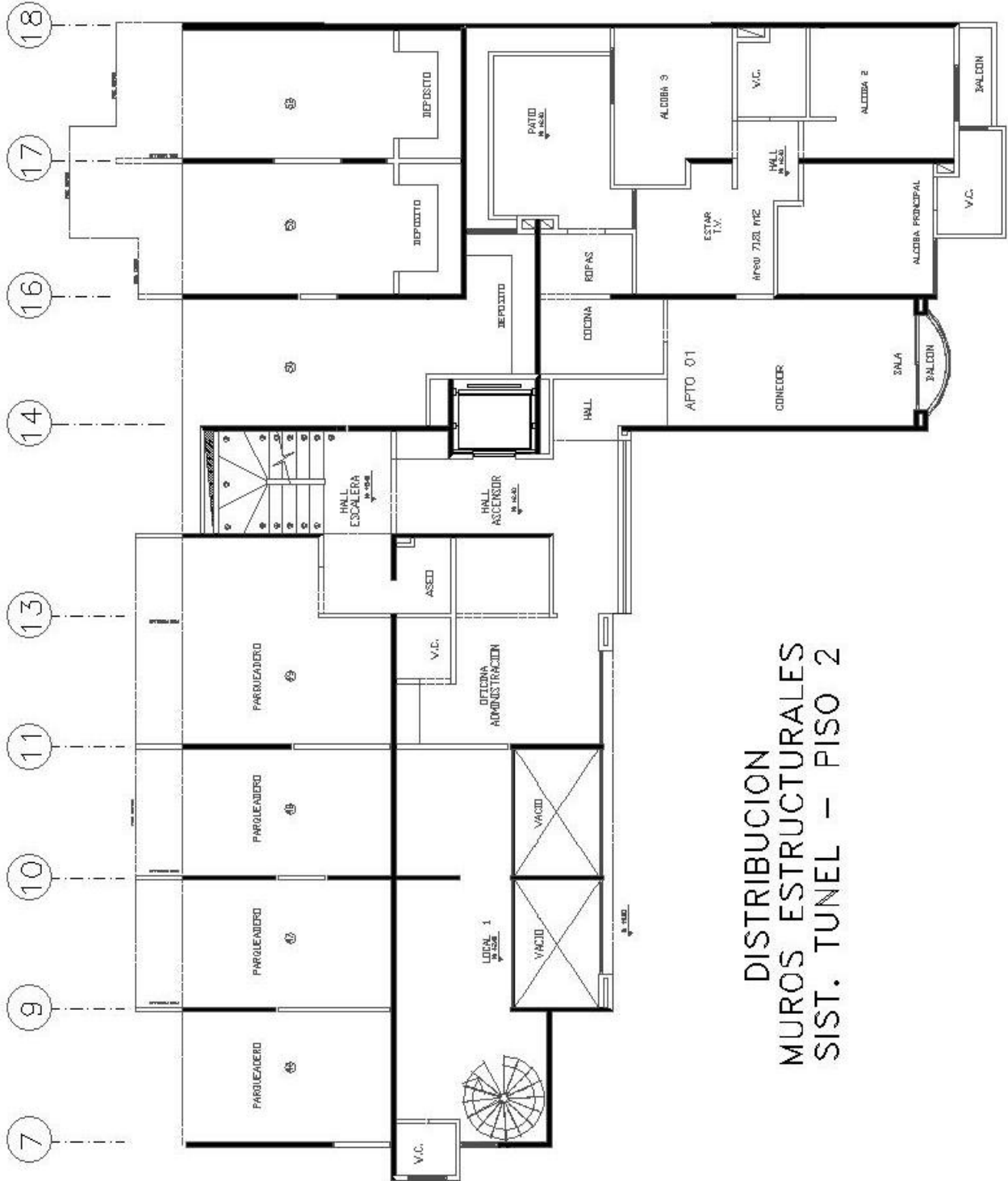
Industrializados, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 1996

- MUÑOZ R. Fernando, PEÑA H. Juan Carlos. Descripción del Sistema Constructivo Túnel y Comparación con el Sistema Tradicional, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 1993

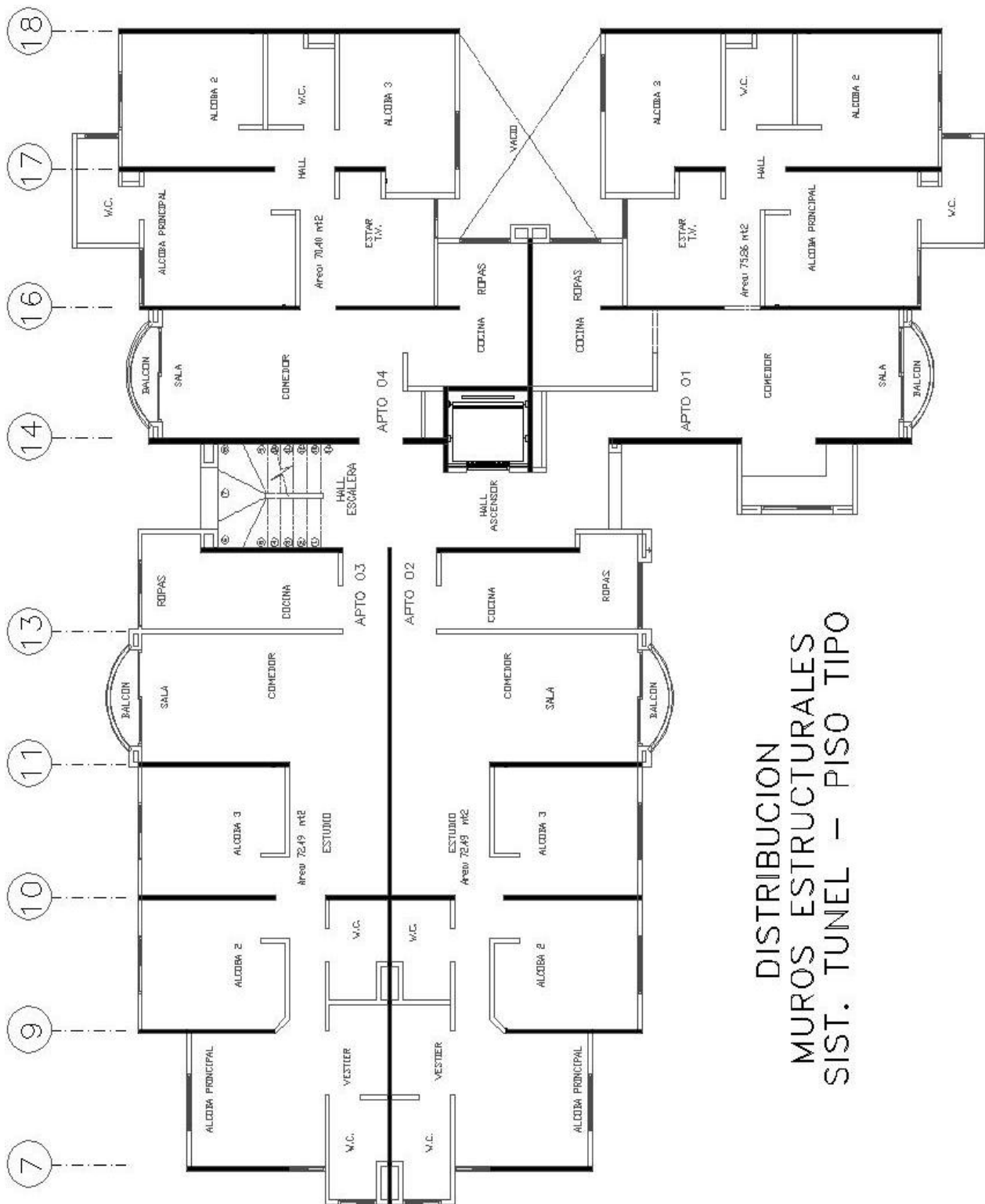
- SEGURA F. Jorge I., Estructuras de Concreto I, 4ª Edición, Universidad Nacional de Colombia, Santa fe de Bogotá, 1999.

# ANEXOS

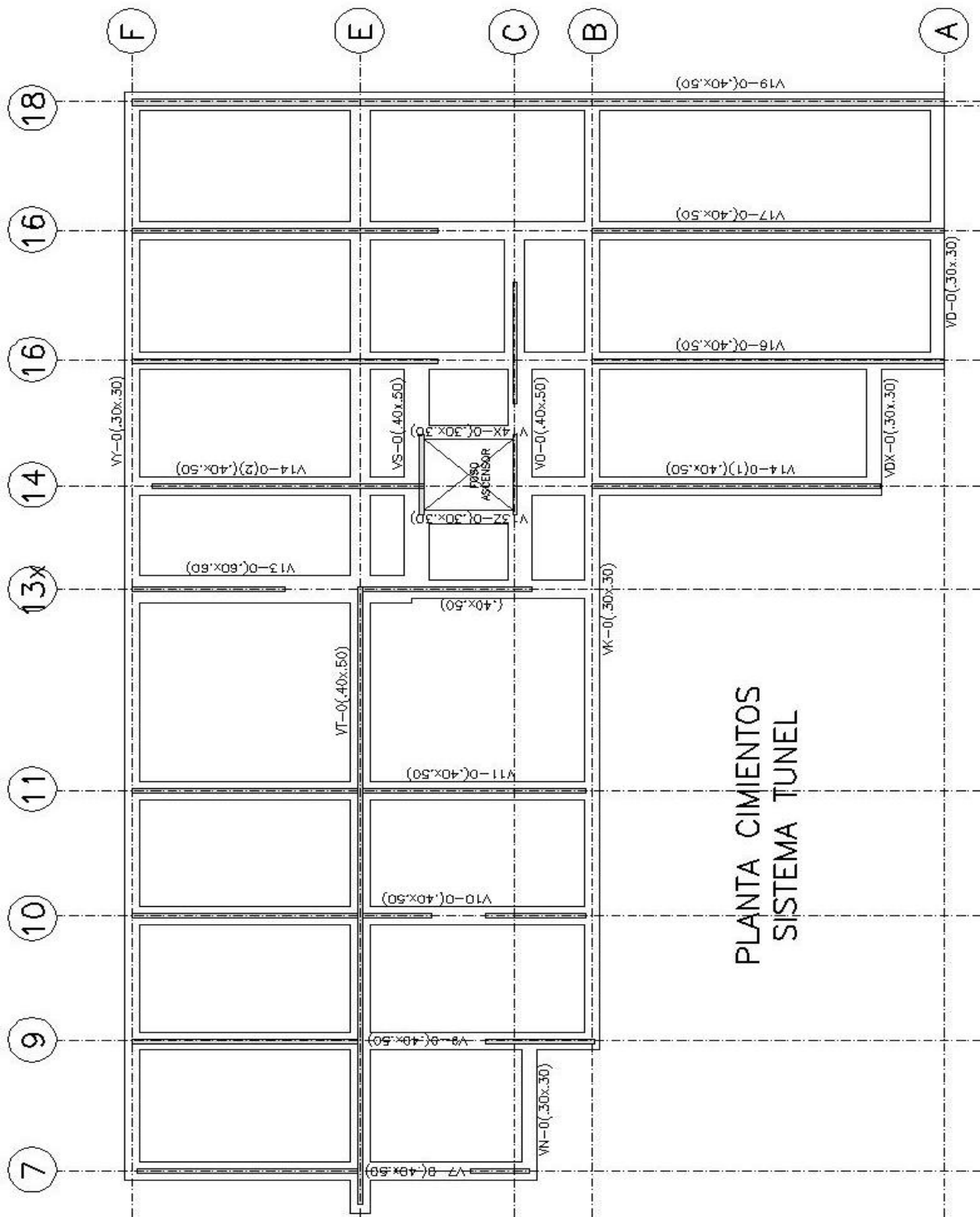
# ANEXO 1. PLANOS - PLANTAS

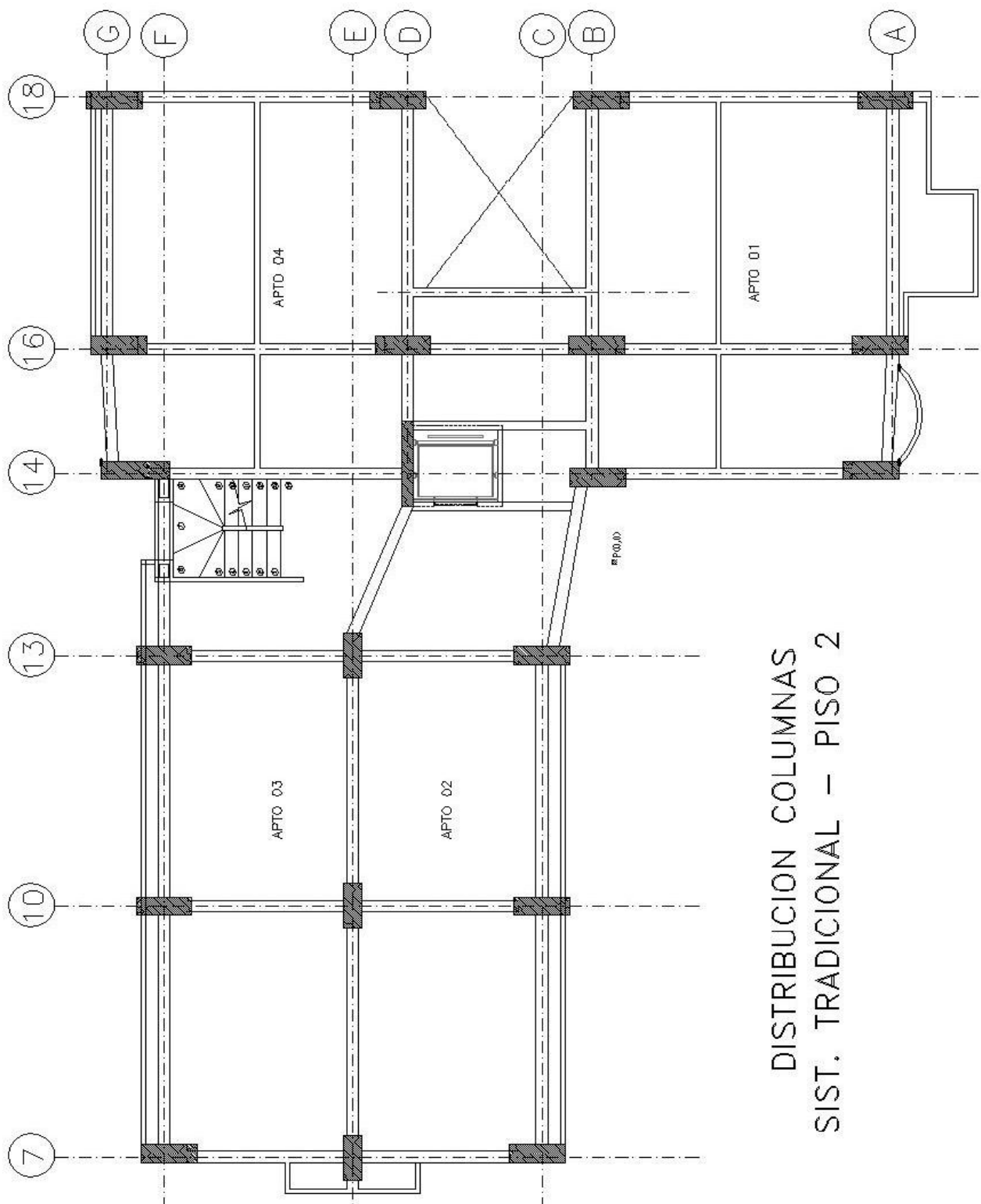


DISTRIBUCION  
Muros Estructurales  
SIST. TUNEL - PISO 2

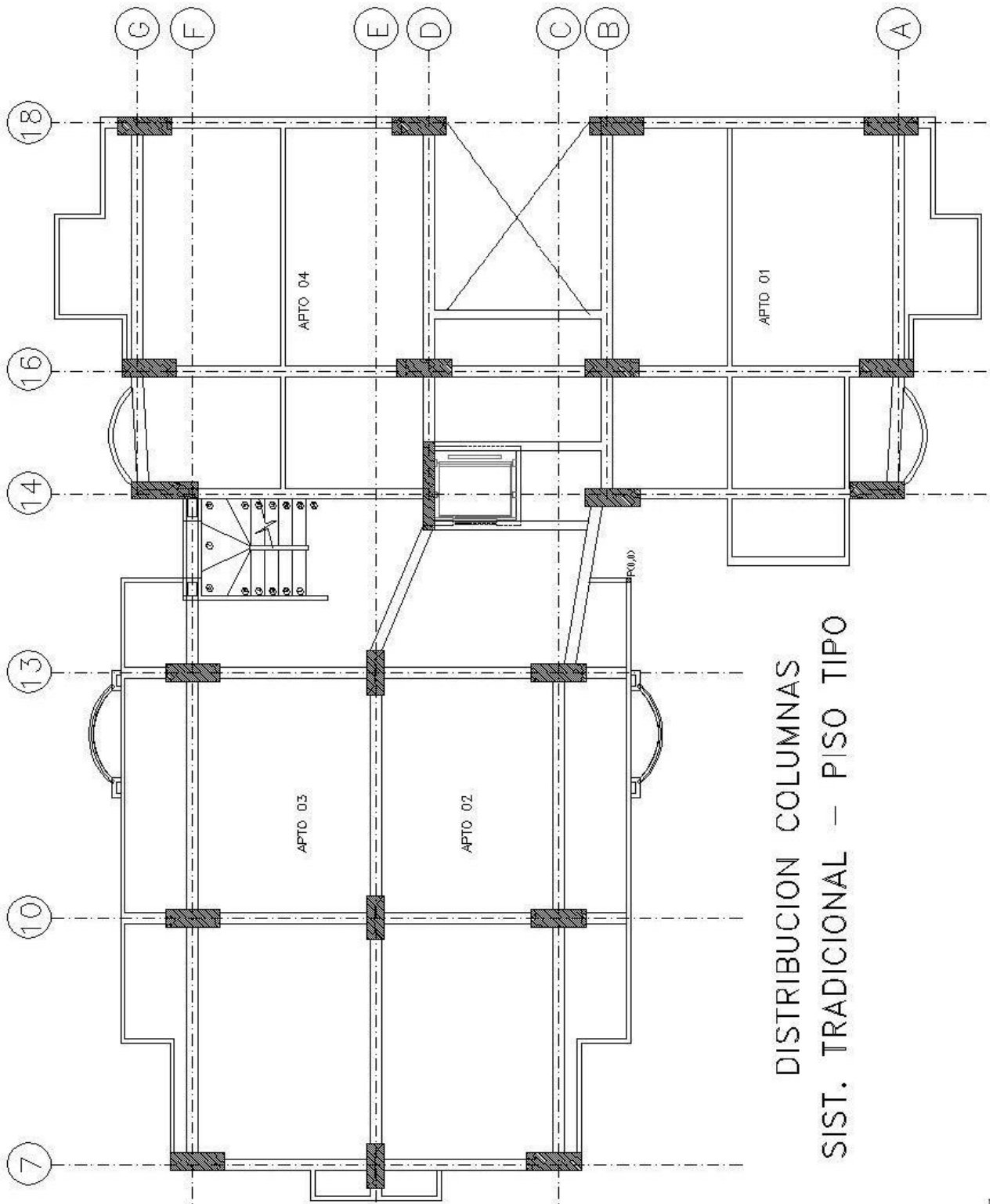


DISTRIBUCION  
MUIROS ESTRUCTURALES  
SIST. TUNEL – PISO TIPO

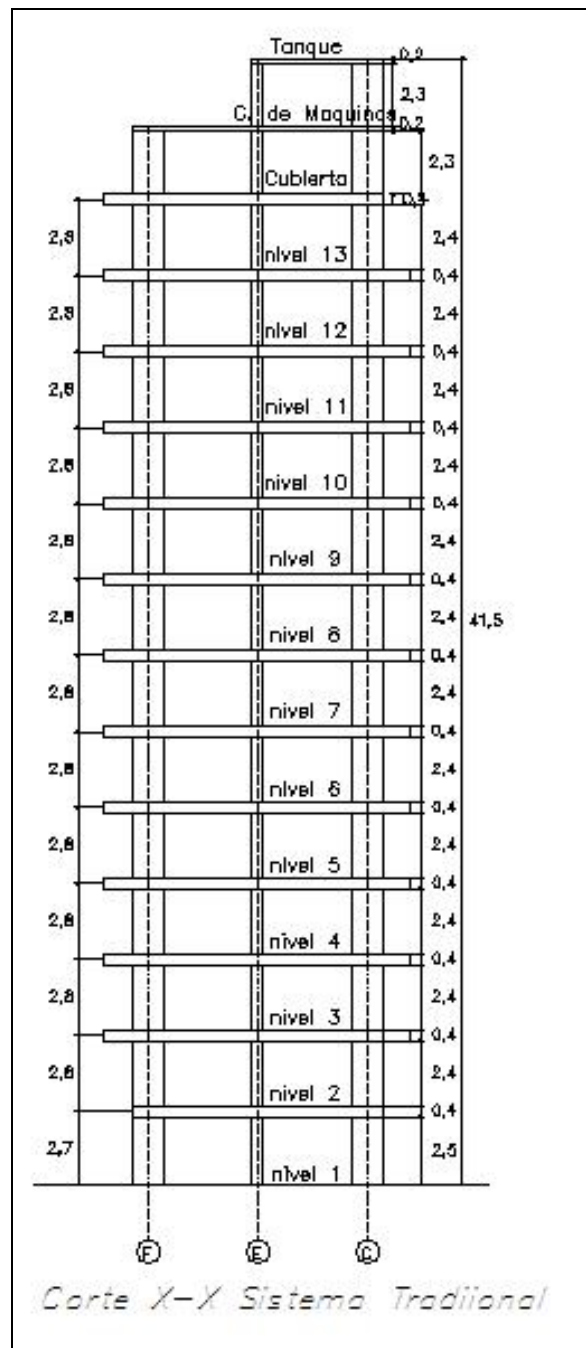


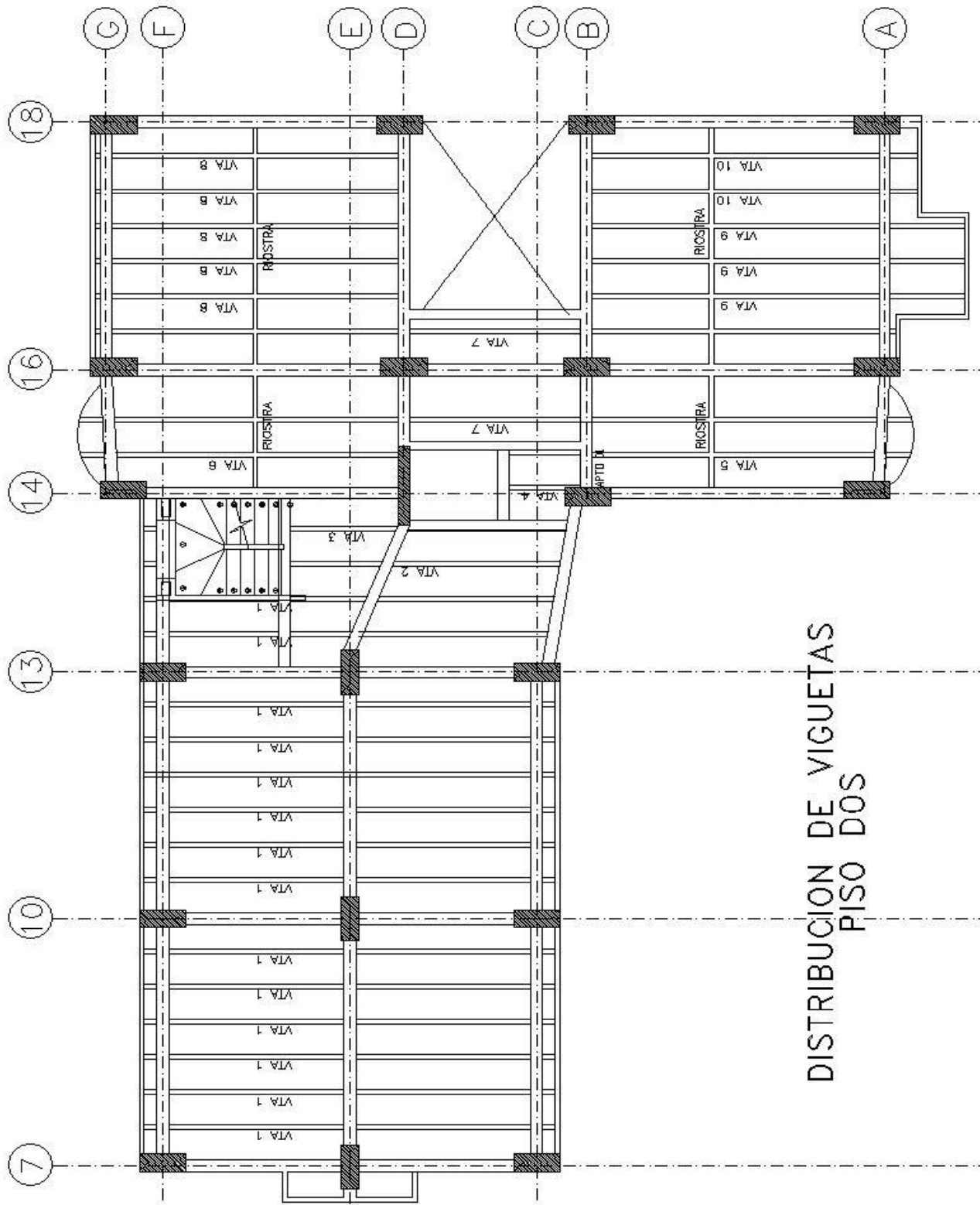


DISTRIBUCION COLUMNAS  
SIST. TRADICIONAL – PISO 2

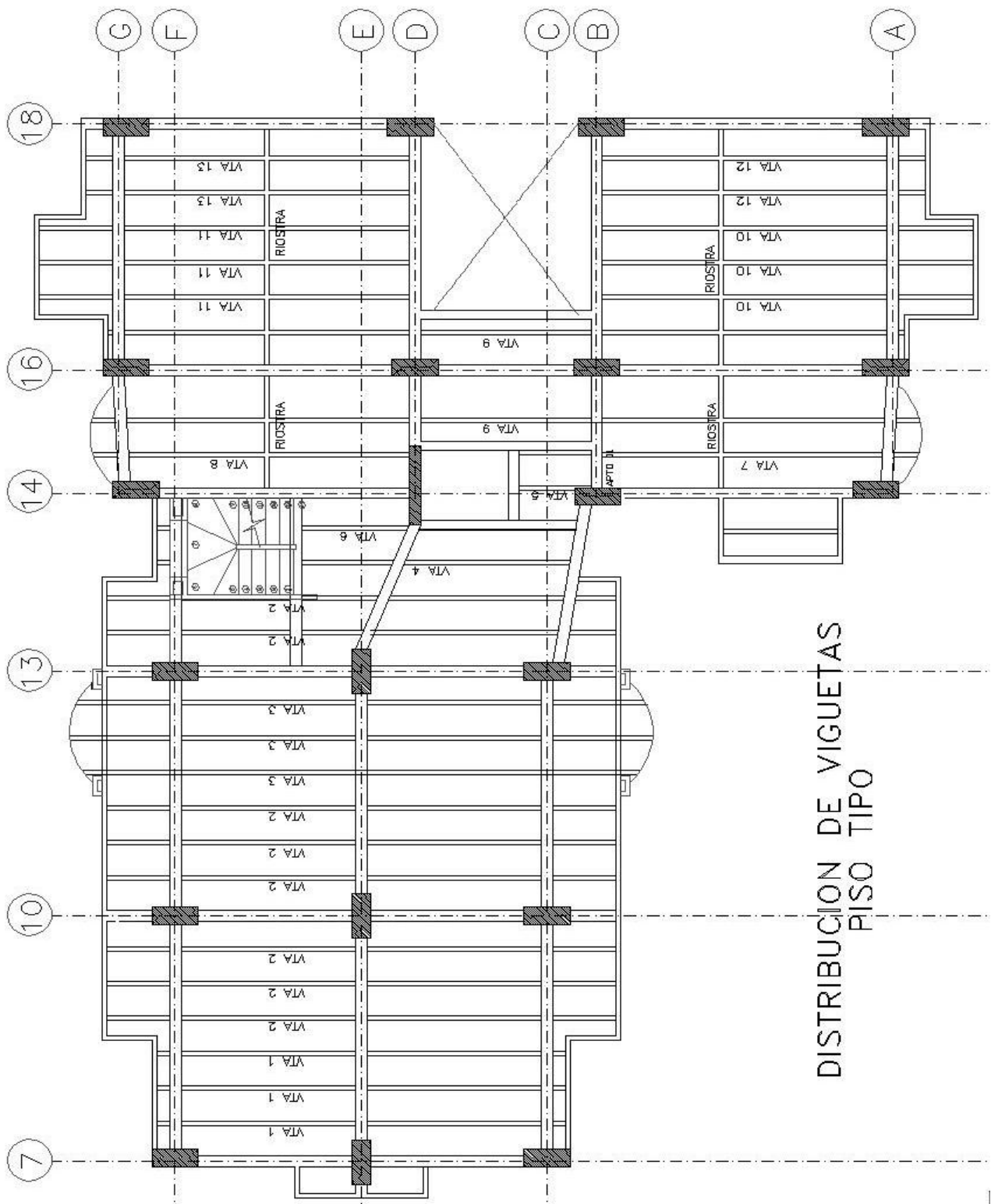


DISTRIBUCION COLUMNAS  
 SIST. TRADICIONAL – PISO TIPO

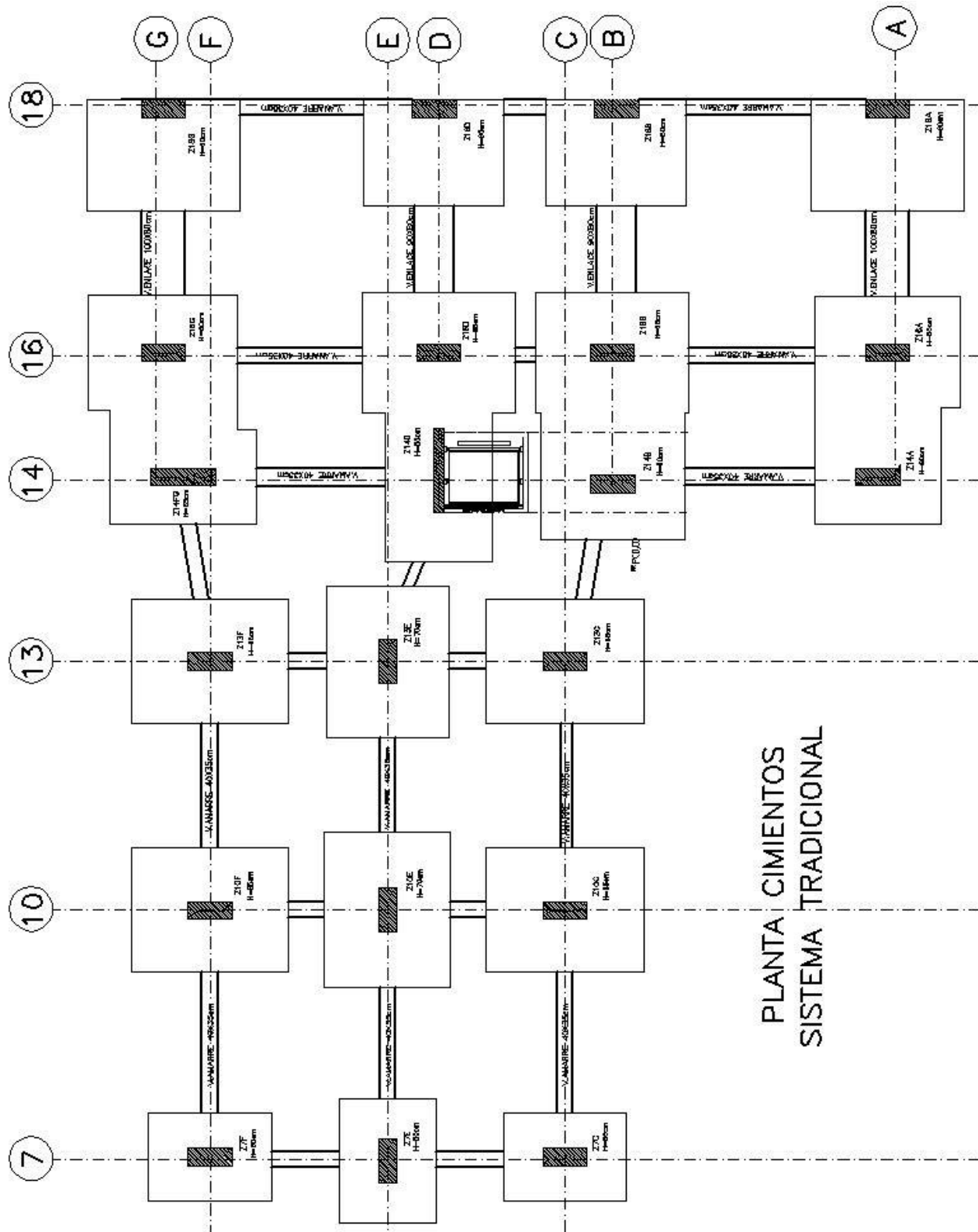




DISTRIBUCION DE VIGUETAS  
PISO DOS



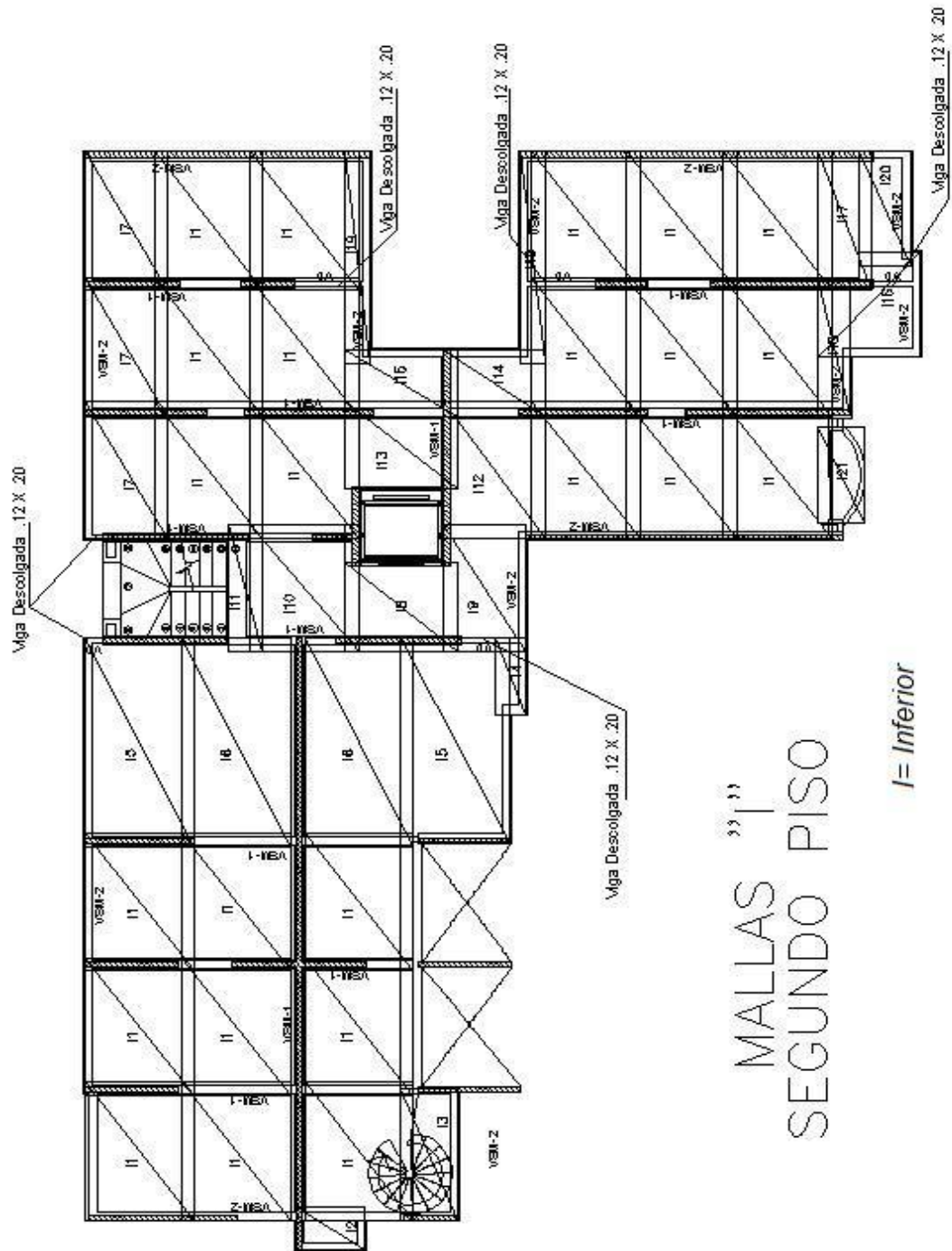
DISTRIBUCION DE VIGUETAS  
PISO TIPO

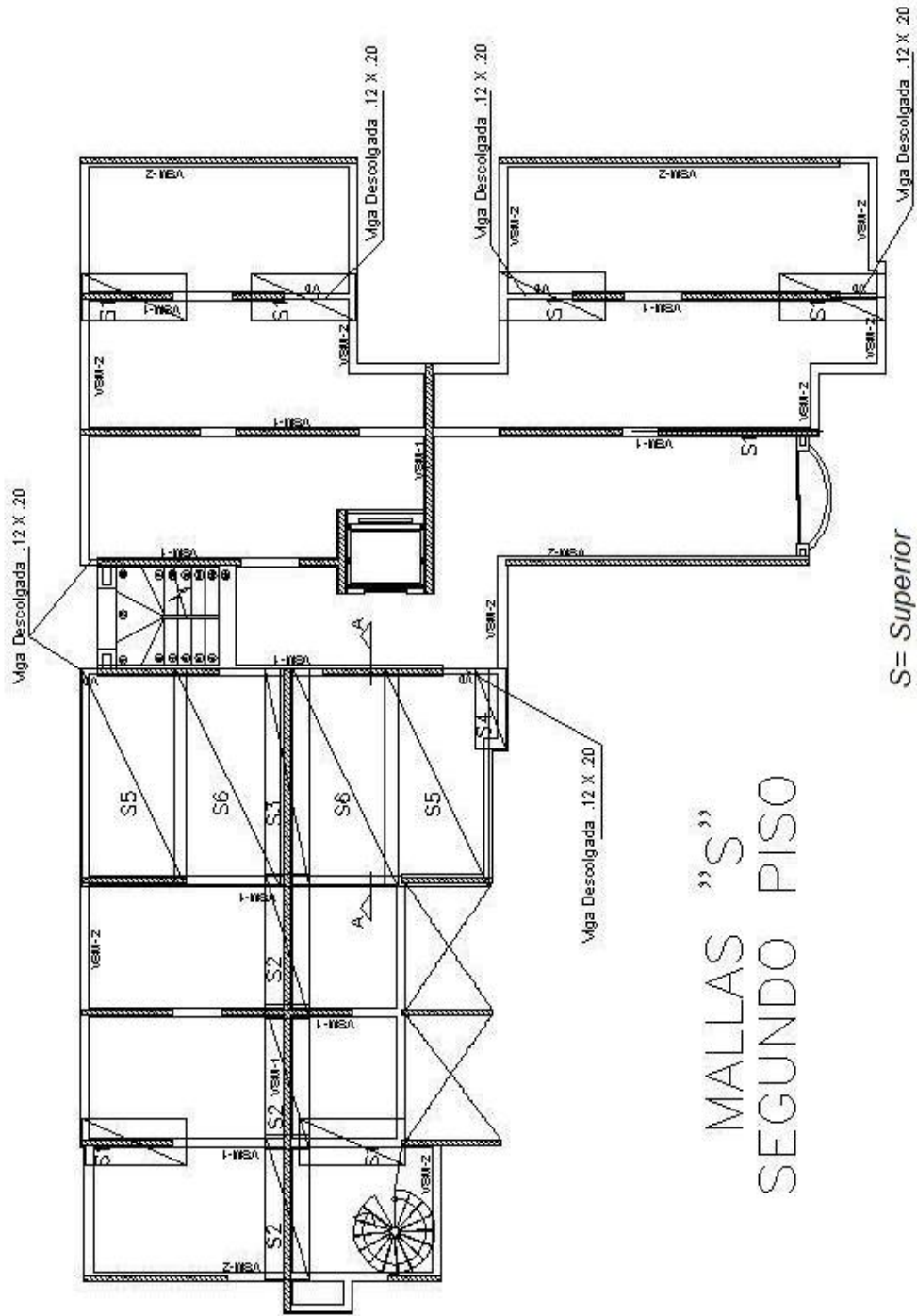


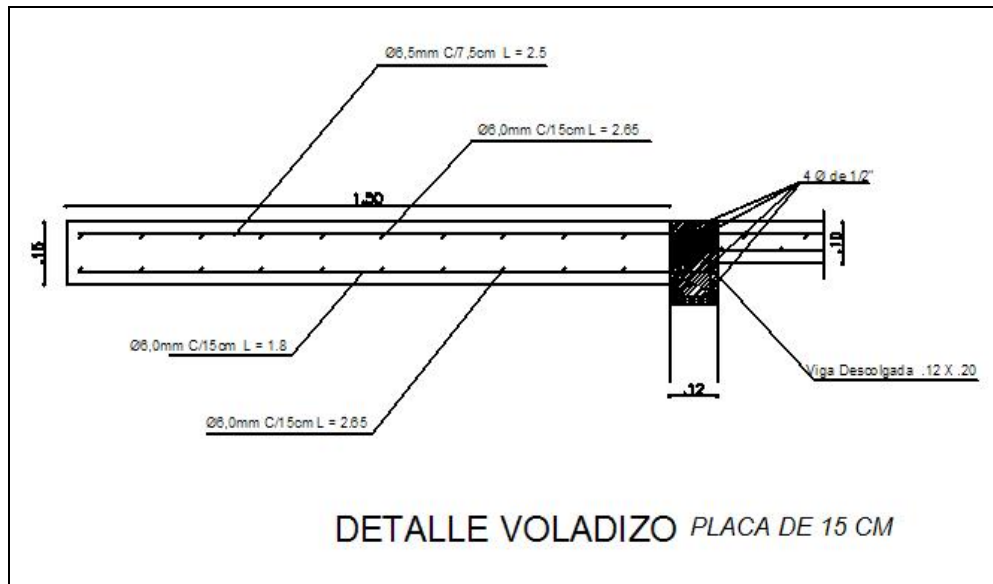
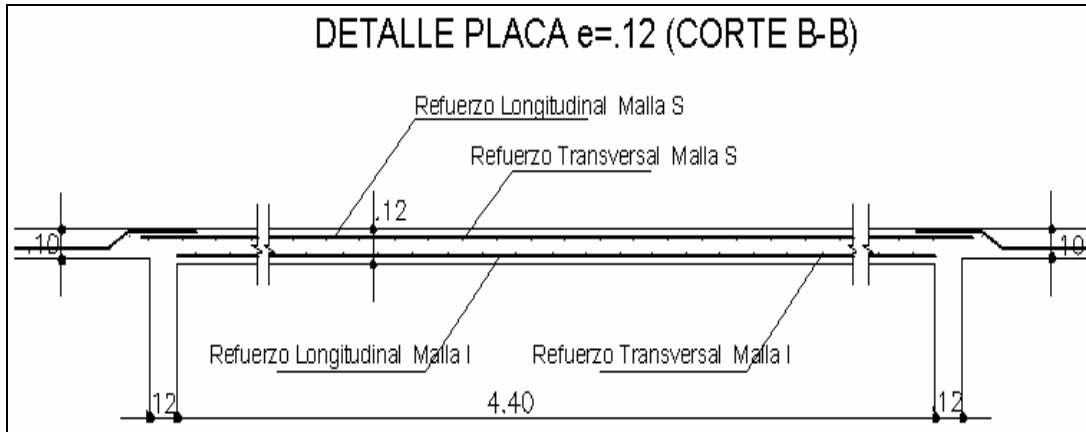
PLANTA CIMIENTOS  
SISTEMA TRADICIONAL

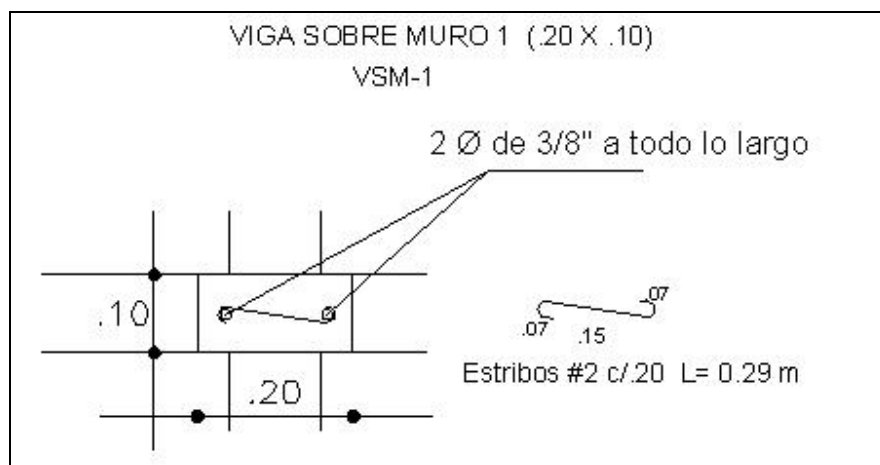
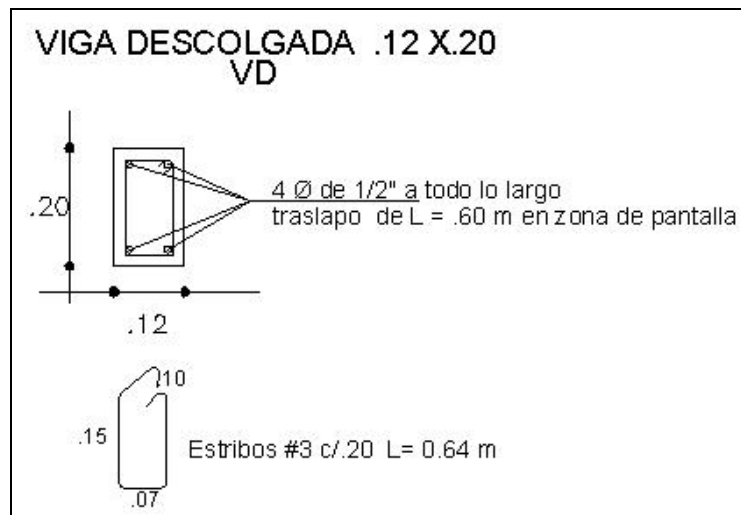
# ANEXO 2. DESPIECES TIPO

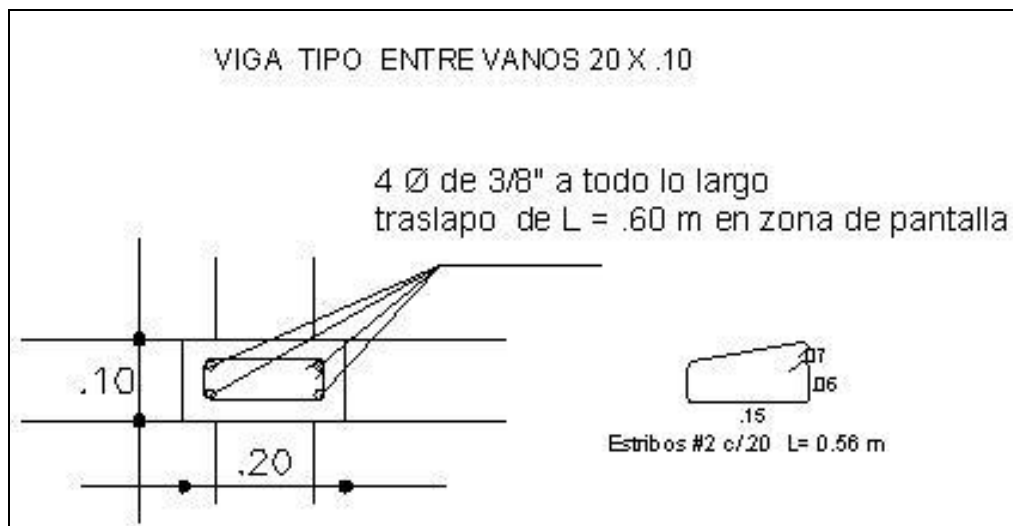
## SISTEMA TUNEL





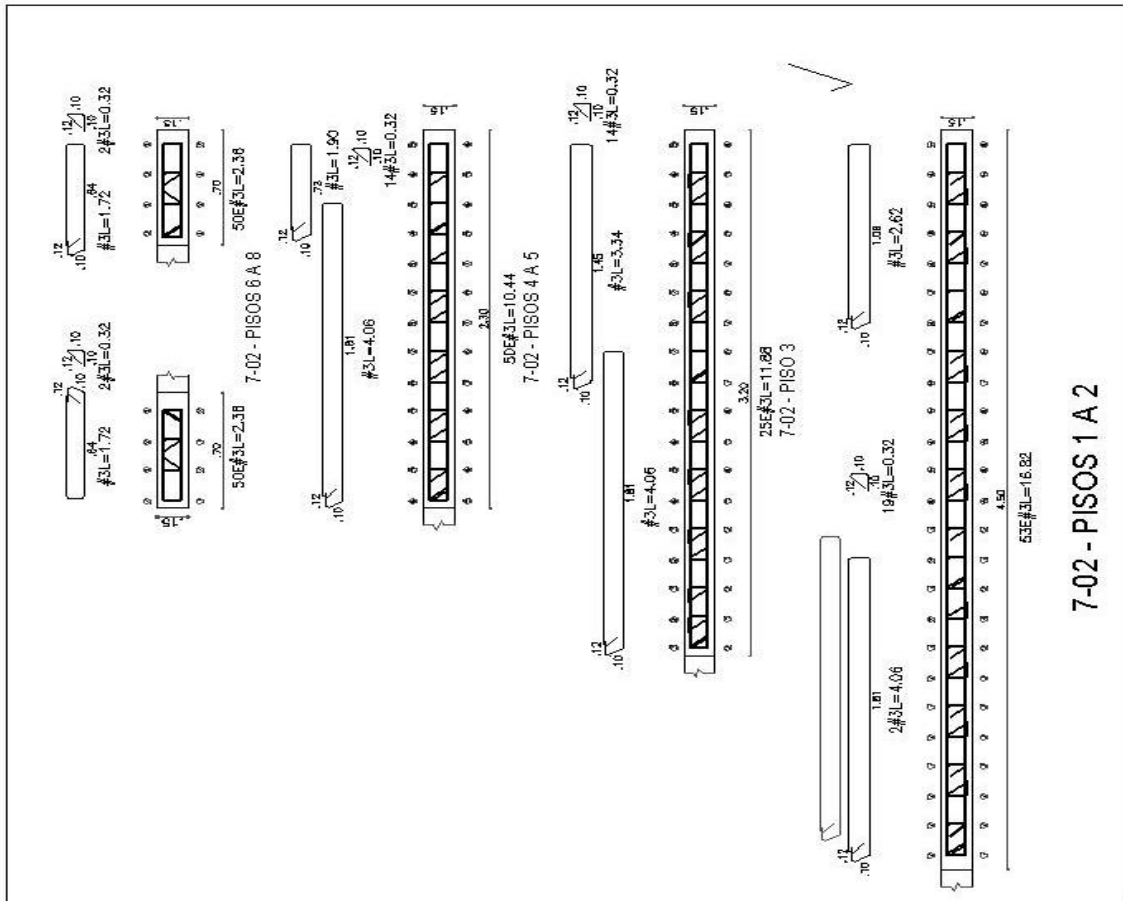
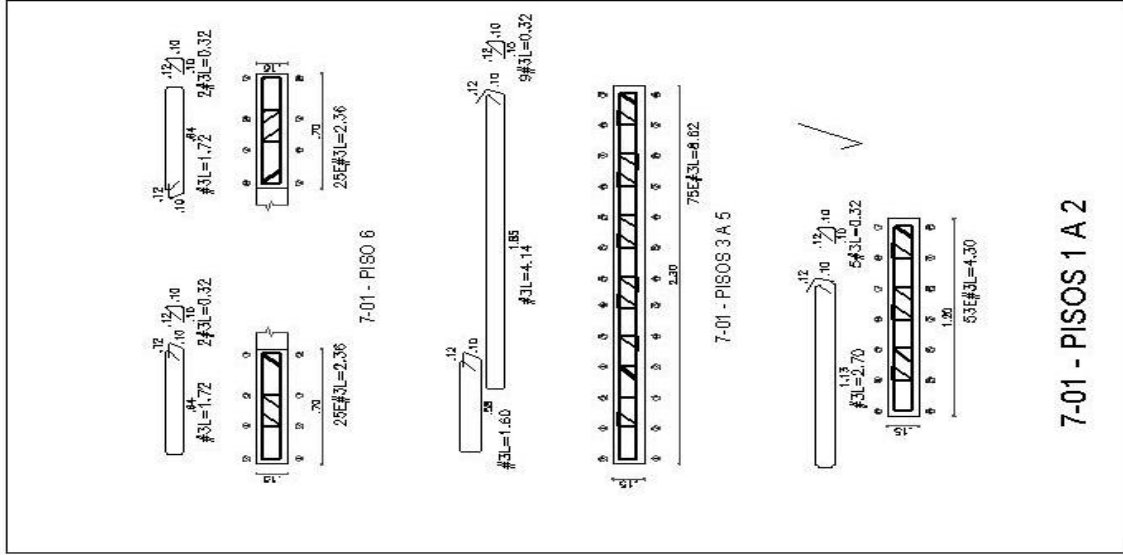


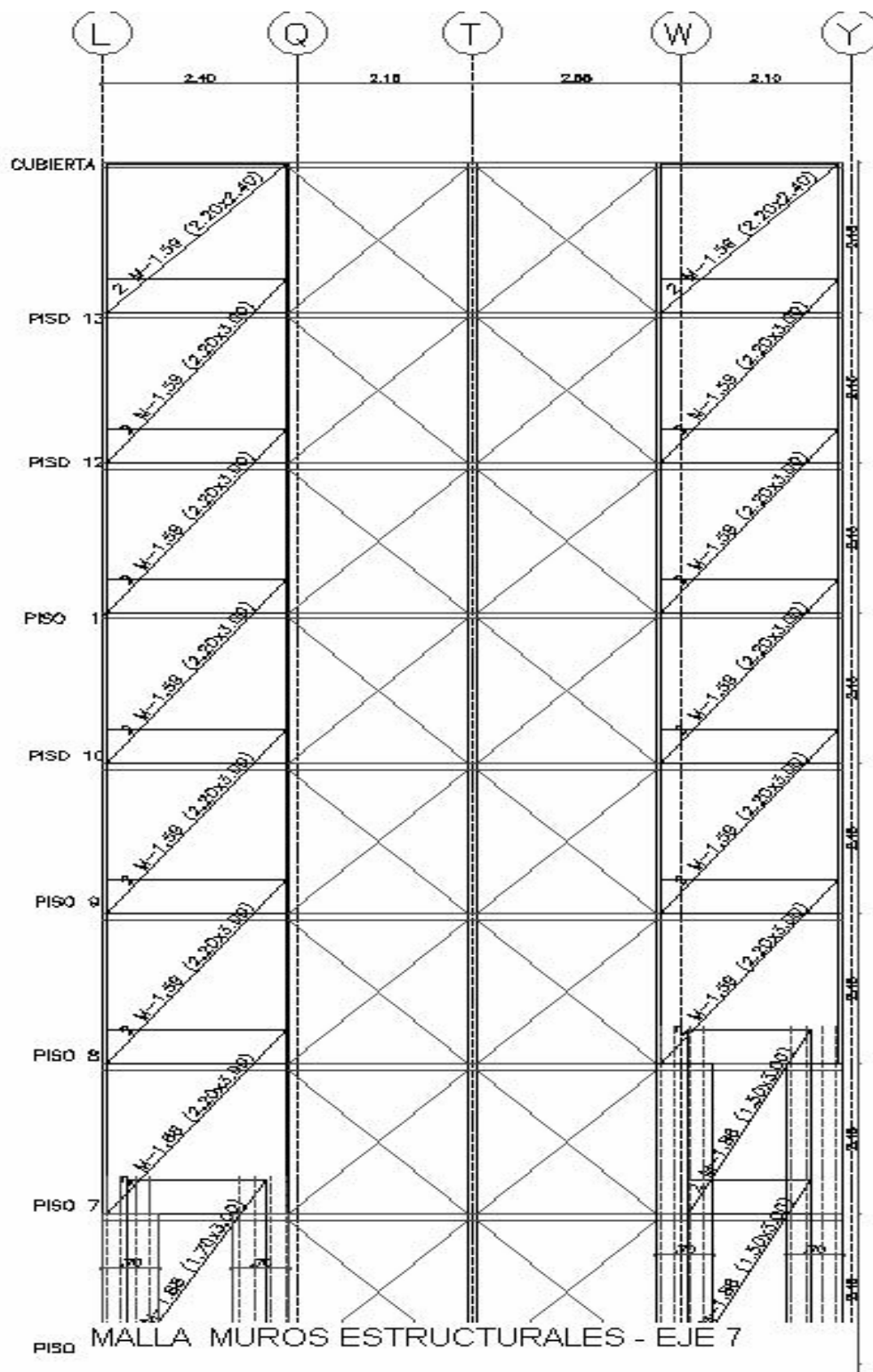




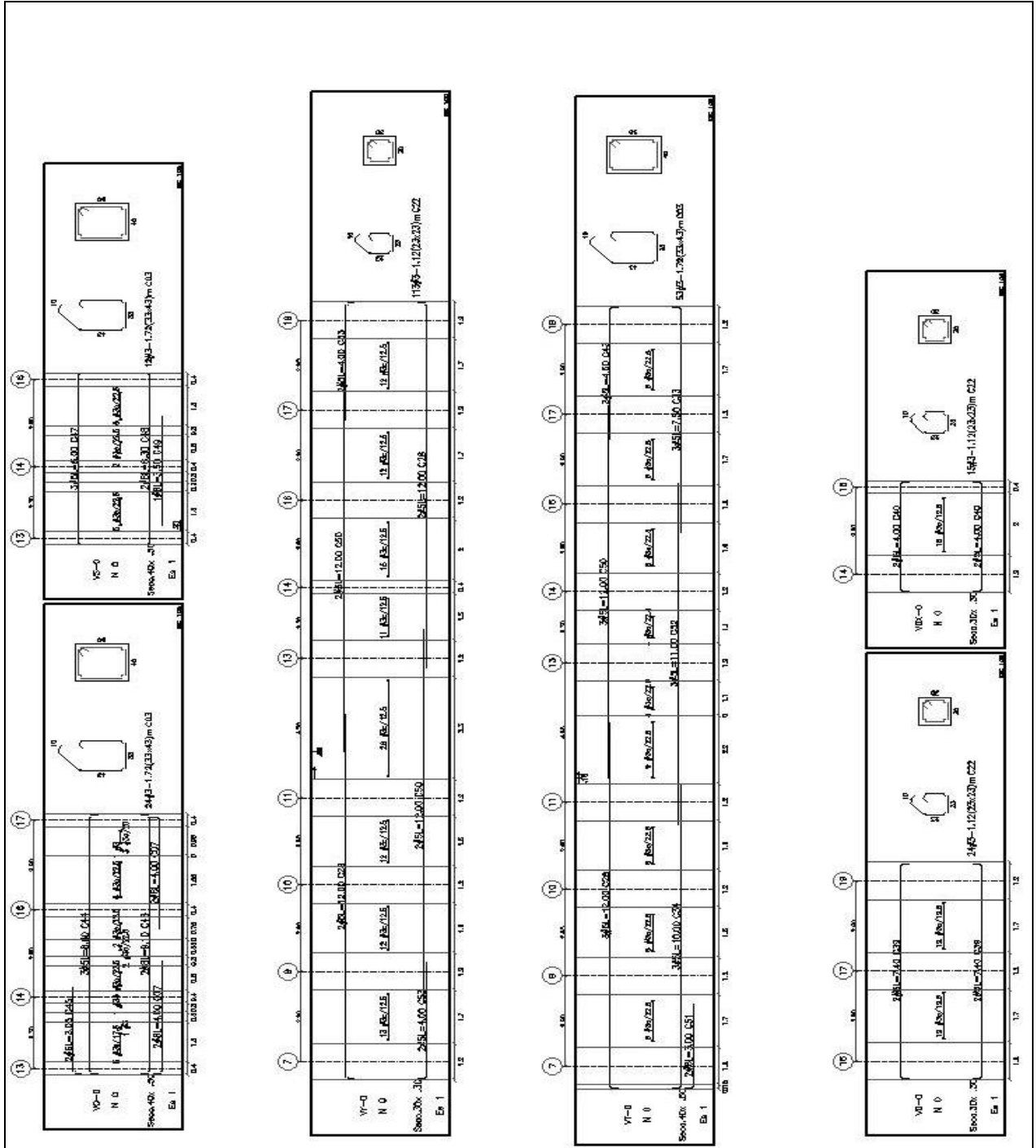


# ESTRIBOS ELEMENTOS DE BORDE



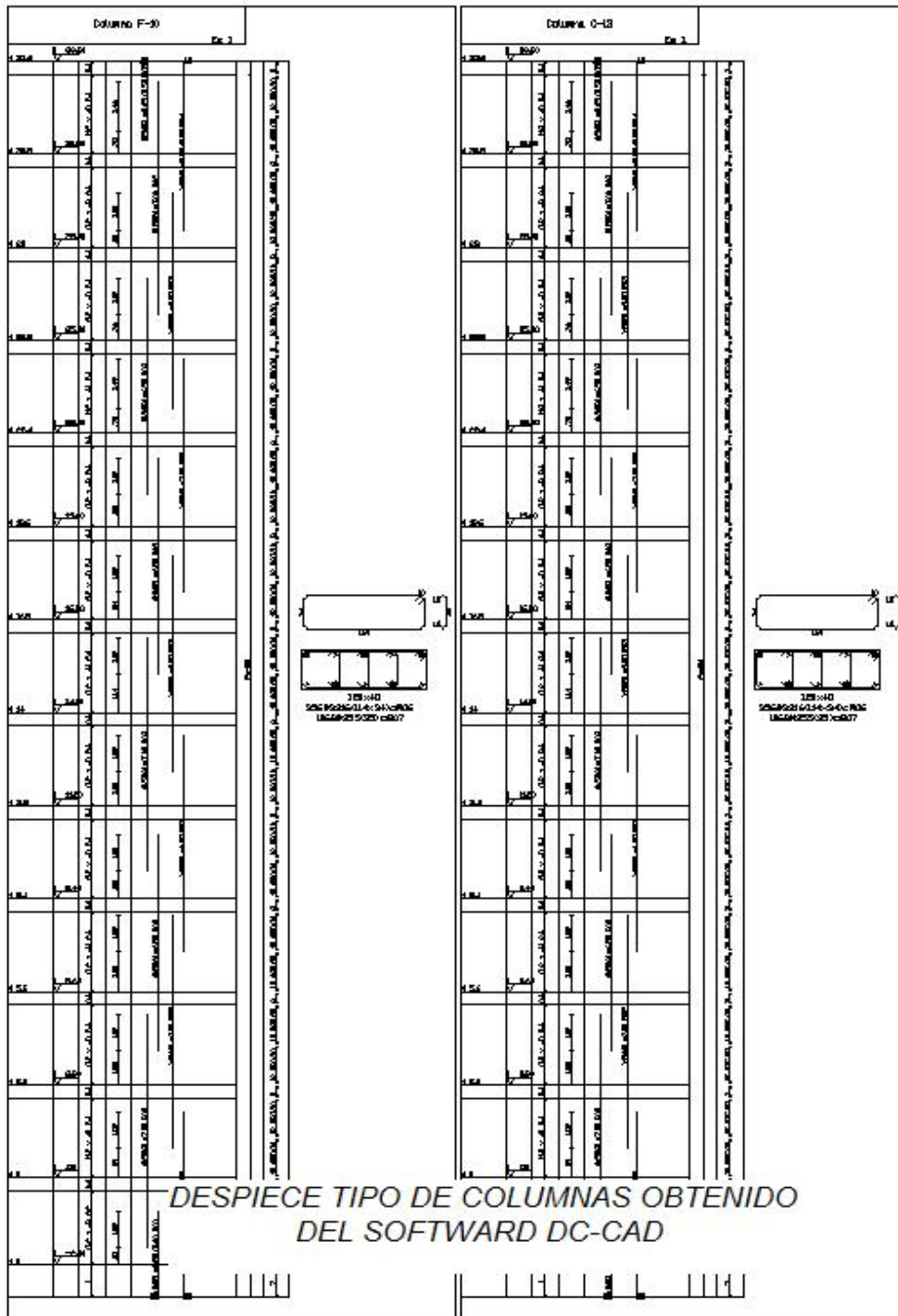


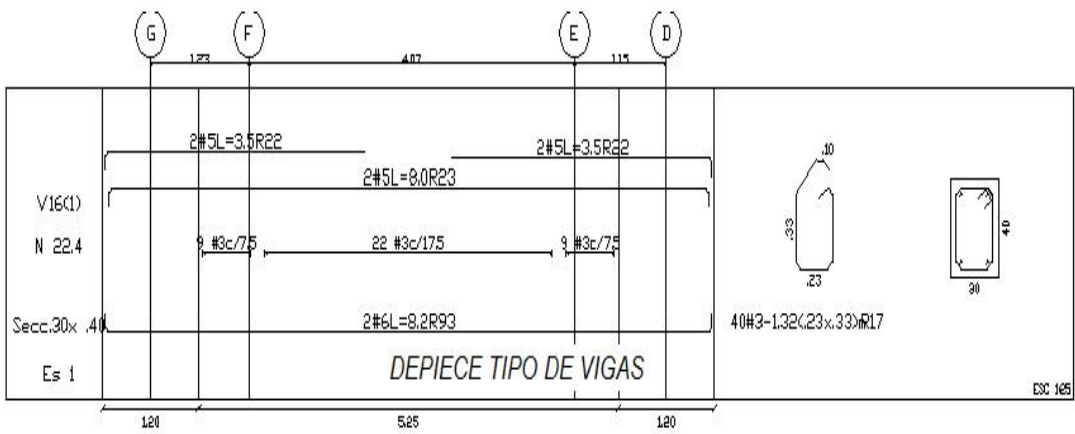
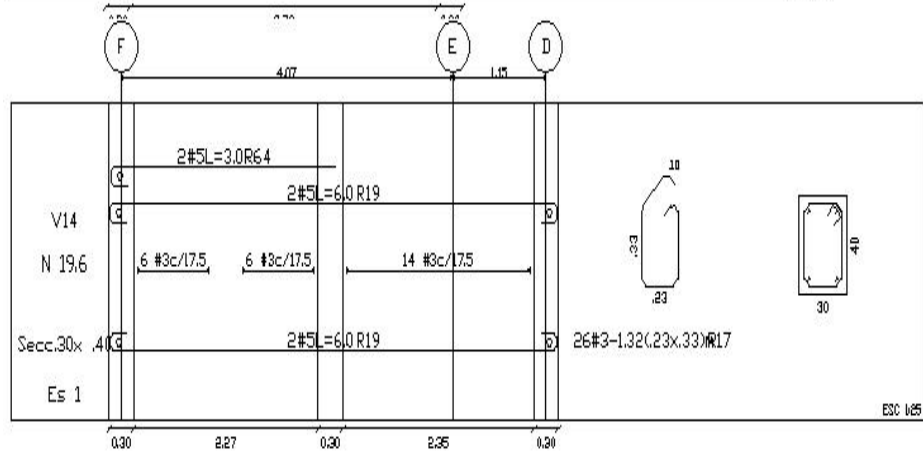
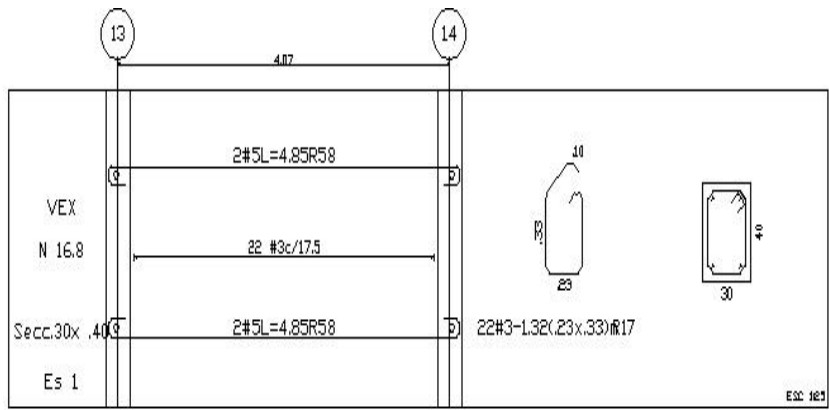
# VIGAS DE CIMENTACION

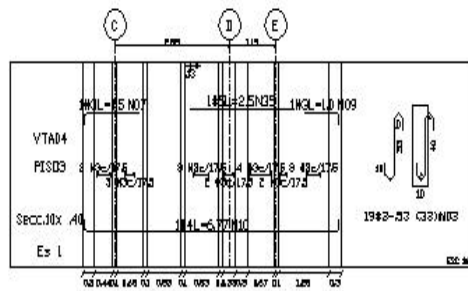
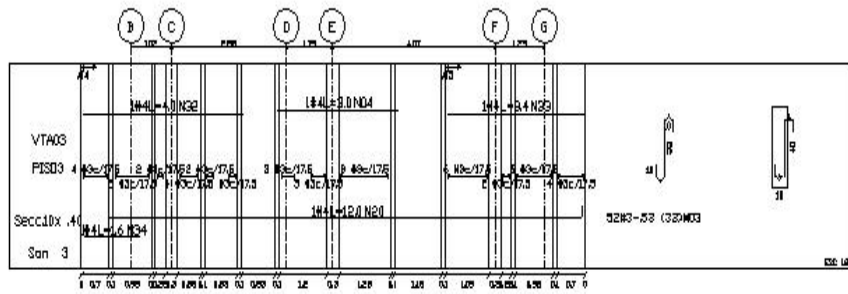
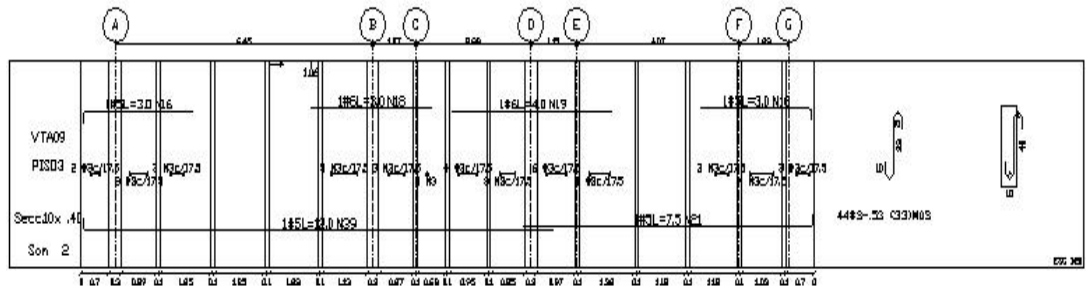
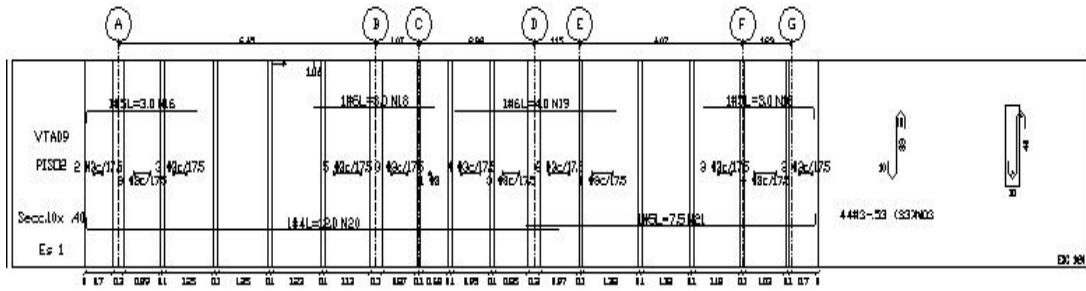




# SISTEMA TRADICIONAL







DESPIECE TIPO DE VIGUETAS

## ANEXO 3. CANTIDADES DE OBRA

### SISTEMA TUNEL

#### VOLUMEN DE CONCRETO CIMENTACION

Viga	Longitud (m)	Dimension (m)			Volumen (m3)	Vol excav. (m3)
10-0	10.55	40	X	50	2.11	3.38
11-0	10.55	40	X	50	2.11	3.38
13-0(1)	4	40	X	50	0.8	1.28
13-0(2)	6.15	60	X	60	2.214	3.32
13Z-0	2.3	30	X	30	0.207	0.41
14-0(1)	8.1	40	X	50	1.62	2.59
14-0(2)	6.25	40	X	50	1.25	2.00
14X-0	2.3	30	X	30	0.207	0.41
16-0	17.5	40	X	50	3.5	5.60
17-0	17.5	40	X	50	3.5	5.60
19-0	17.5	40	X	50	3.5	5.60
7-0	9.25	40	X	50	1.85	2.96
9-0	10.55	40	X	50	2.11	3.38
D-0	7	30	X	30	0.63	1.26
DX-0	3.6	30	X	30	0.324	0.65
K-0	22.2	30	X	30	1.998	4.00
N-0	3.7	30	X	30	0.333	0.67
O-0	8.4	40	X	50	1.68	2.69
S-0	5.5	40	X	50	1.1	1.76
T-0	25.15	40	X	50	5.03	8.05
Y-0	25	30	X	30	2.25	4.50
<b>TOTAL =</b>					<b>38.323</b>	<b>63.48</b>

Factor de expansion = 1.3

<b>RETIRO DE SOBRANTES =</b>	Vol de concreto de cimentacion * Factor de expansion
<b>RETIRO DE SOBRANTES =</b>	<b>49.82</b> m3
<b>RELLENO A MANO =</b>	Vol. de excavacion - Vol. concreto cimentacion
<b>RELLENO A MANO =</b>	<b>25.15</b> m3

<b>CANT. DE ACERO (Kg)</b>	
<b>ELEMENTOS DE BORDE</b>	
EJE	W (kg)
7	1044.694
9	1648.052
10	2007.88
11	2205.189
13	1461.18
14	2100.322
16	254.464
17	2585.195
19	1165.962
S	87.472
T	2130.341
O	608.328
<b>Total =</b>	<b>17299.08</b>

Kg

#### VOLUMENES Y AREAS DE PLACA

PISO	AREA	ESPEJOR	PISOS	VOL (m3)
2	244.7117	0.1	1	24.47
	43.01	0.12	1	5.16
3	253.67	0.1	1	25.37
	55.6	0.12	1	6.67
TIPO	253.67	0.1	10	253.67
	55.6	0.12	10	66.72
	4.05	0.15	10	6.08
CUBIERTA	316.2	0.1	1	31.62
<b>TOTAL</b>				<b>419.76</b>

<b>AREA</b>	
ESPEJOR .1 =	<b>3351.282</b> m2
ESPEJOR .12 =	<b>654.61</b> m2
ESPEJOR .15 =	<b>40.50</b> m2

<b>AREAS</b>	
PLACA TOTAL TIPO	316.2
PLACA TOTAL 2	290.6069
ASCENSOR	2.88
PLACA .12 -2	43.0152
PLACA .12 - TIPO	55.6
PLACA .15	4.05

➤ MALLAS MUROS ESTRUCTURALES

MALLA	CANT	B [m]	H [m]	SEPX (cm)	SEPY (cm)	REFUERZO												w [k/mla]	W [k/piso]
						LONGITUDINAL						TRANSVERSAL							
<b>REFUERZO POSITIVO</b>																			
M - 1.88	162	2.35	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.35	16	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	20.90	3,385.80		
M - 1.88	16	2.35	2.40	0.15	0.15	16	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.35	16	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.40	16.72	267.52		
M - 1.88	8	2.20	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.20	15	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	19.58	156.64		
M - 1.88	4	2.00	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.00	14	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	18.04	72.16		
M - 1.88	4	2.00	2.40	0.15	0.15	16	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.00	14	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.40	14.43	57.73		
M - 1.88	26	1.70	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 1.70	12	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	15.40	400.40		
M - 1.88	2	1.70	2.40	0.15	0.15	16	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 1.70	12	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.40	12.32	24.64		
M - 1.88	4	1.50	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 1.50	10	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	13.20	52.80		
M - 1.88	6	1.25	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 1.25	9	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	11.44	68.64		
M - 1.88	12	1.10	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 1.10	8	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	10.12	121.44		
M - 1.88	28	1.00	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 1.00	7	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	9.02	252.56		
M - 1.88	4	1.00	2.40	0.15	0.15	16	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 1.00	7	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.40	7.22	28.86		
M - 1.88	20	0.90	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 0.90	7	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	8.58	171.60		
M - 1.88	12	0.85	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 0.85	6	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	7.70	92.40		
M - 1.88	2	0.85	2.40	0.15	0.15	16	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 0.85	6	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.40	6.16	12.32		
M - 1.88	4	0.70	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 0.70	5	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	6.38	25.52		
M - 1.88	2	0.65	3.00	0.15	0.15	20	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 0.65	5	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 3.00	6.16	12.32		
M - 1.55	274	2.35	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.35	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	18.05	4,945.70		
M - 1.55	48	2.35	2.40	0.15	0.15	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.35	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.40	14.44	693.12		
M - 1.55	2	2.30	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.30	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	17.86	35.72		
M - 1.55	24	2.20	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.20	15	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	16.91	405.84		
M - 1.88	4	2.20	2.40	0.15	0.15	16	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.20	15	φ 6.0	mm	@ 0.15	x 2.40	15.66	62.66		
M - 1.55	16	2.05	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.05	14	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	15.77	252.32		
M - 1.55	2	2.05	2.40	0.15	0.15	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.05	14	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.40	12.62	25.23		
M - 1.55	42	1.35	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 1.35	10	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	10.83	454.86		
M - 1.55	8	1.35	2.40	0.15	0.15	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 1.35	10	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.40	8.66	69.31		
M - 1.55	22	1.30	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 1.30	9	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	10.07	221.54		
M - 1.55	4	1.30	2.40	0.15	0.15	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 1.30	9	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.40	8.06	32.22		
M - 1.55	24	1.10	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 1.10	8	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	8.74	209.76		
M - 1.55	4	1.10	2.40	0.15	0.15	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 1.10	8	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.40	6.99	27.97		
M - 1.55	14	1.05	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 1.05	7	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	7.98	111.72		
M - 1.55	4	1.05	2.40	0.15	0.15	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 1.05	7	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.40	6.38	25.54		
M - 1.55	32	0.85	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 0.85	6	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	6.65	212.80		
M - 1.55	8	0.85	2.40	0.15	0.15	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 0.85	6	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.40	5.32	42.56		
M - 1.55	14	0.80	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 0.80	6	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	6.46	90.44		
M - 1.55	2	0.80	2.40	0.15	0.15	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 0.80	6	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.40	5.17	10.34		
M - 1.55	14	0.75	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 0.75	5	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	5.70	79.80		
M - 1.55	2	0.75	2.40	0.15	0.15	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 0.75	5	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.40	4.56	9.12		
M - 1.55	8	0.65	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 0.65	5	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	5.32	42.56		
M - 1.55	2	0.65	2.40	0.15	0.15	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 0.65	5	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.40	4.26	8.51		
M - 1.55	26	0.50	3.00	0.15	0.15	20	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 0.50	4	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 3.00	4.18	108.68		
M - 1.55	4	0.50	2.40	0.15	0.15	16	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 0.50	4	φ 5.5	mm	@ 0.15	x 2.40	3.34	13.38		
														<b>TOTAL [kg] = 13,395.0</b>					
<b>Area de placa = 306.87 m2</b>																			

➤ MALLAS PLACAS ENTREPISO

- PISO 2

MALLA	CANT	B [m]	SEPX (cm)	SEPY (cm)	nx	ny	REFUERZO		w [k/milla]	W [k/piso]
							LONGITUDINAL	TRANSVERSAL		
<b>REFUERZO POSITIVO</b>										
11	24	3.10	0.15	0.15	15	20	16: φ 6.0:mm @ 0.15x3.10	21: φ 16.0:mm @ 0.15x 2.35	21.77	522.46
12	1	1.00	0.15	0.15	10	6	10: φ 6.0:mm @ 0.15x1.00	7: φ 16.0:mm @ 0.15x 1.50	4.51	4.51
13	1	3.00	0.075	0.15	16	20	17: φ 6.0:mm @ 0.08x3.00	20: φ 16.0:mm @ 0.15x 1.25	16.72	16.72
14	1	1.70	0.15	0.15	4	11	5: φ 6.0:mm @ 0.15x1.70	12: φ 16.0:mm @ 0.15x 0.70	4.82	4.82
15	2	4.70	0.075	0.15	31	31	32: φ 6.0:mm @ 0.08x4.70	32: φ 16.0:mm @ 0.15x 2.35	55.65	111.30
16	2	4.70	0.075	0.075	31	62	32: φ 6.0:mm @ 0.08x4.70	63: φ 16.0:mm @ 0.08x 2.35	71.68	143.36
17	3	3.10	0.15	0.15	12	20	12: φ 6.0:mm @ 0.15x3.10	21: φ 16.0:mm @ 0.15x 1.80	16.50	49.50
18	1	2.00	0.15	0.15	16	13	16: φ 6.0:mm @ 0.15x2.00	14: φ 16.0:mm @ 0.15x 2.40	14.43	14.43
19	1	2.85	0.15	0.15	12	19	12: φ 6.0:mm @ 0.15x2.85	19: φ 16.0:mm @ 0.15x 1.80	19.49	19.49
110	1	2.85	0.15	0.15	15	19	16: φ 6.0:mm @ 0.15x2.85	19: φ 16.0:mm @ 0.15x 2.35	19.86	19.86
111	1	2.85	0.15	0.15	5	19	5: φ 6.0:mm @ 0.15x2.85	19: φ 16.0:mm @ 0.15x 0.75	6.27	6.27
112	1	3.10	0.15	0.15	14	20	15: φ 6.0:mm @ 0.15x3.10	21: φ 16.0:mm @ 0.15x 2.20	20.39	20.39
113	1	2.00	0.15	0.15	16	13	16: φ 6.0:mm @ 0.15x2.00	14: φ 16.0:mm @ 0.15x 2.40	14.43	14.43
114	1	1.50	0.15	0.15	14	10	15: φ 6.0:mm @ 0.15x1.50	10: φ 16.0:mm @ 0.15x 2.20	9.79	9.79
115	1	1.50	0.15	0.15	16	10	17: φ 6.0:mm @ 0.15x1.50	10: φ 16.0:mm @ 0.15x 2.45	11.00	11.00
116	1	2.35	0.15	0.15	14	15	15: φ 6.0:mm @ 0.15x2.35	16: φ 16.0:mm @ 0.15x 2.20	15.50	15.50
117	1	3.10	0.15	0.15	8	20	8: φ 6.0:mm @ 0.15x3.10	21: φ 16.0:mm @ 0.15x 1.20	11.00	11.00
118	1	3.10	0.075	0.15	9	20	10: φ 6.0:mm @ 0.08x3.10	21: φ 16.0:mm @ 0.15x 0.70	14.08	14.08
119	2	4.80	0.15	0.15	4	32	4: φ 6.0:mm @ 0.15x4.80	32: φ 16.0:mm @ 0.15x 0.60	8.45	16.90
120	1	2.60	0.15	0.15	7	17	8: φ 6.0:mm @ 0.15x2.60	18: φ 16.0:mm @ 0.15x 1.15	9.13	9.13
121	1	2.15	0.15	0.15	6	14	7: φ 6.0:mm @ 0.15x2.15	15: φ 16.0:mm @ 0.15x 1.00	6.61	6.61
<b>REFUERZO NEGATIVO</b>										
S1	6	1	0.075	0.075	31	13	32: φ 5.0:mm @ 0.08x1.00	14: φ 5.0:mm @ 0.08x 2.35	14.28	85.67
S2	3	3.1	0.15	0.15	6	20	7: φ 5.0:mm @ 0.15x3.10	21: φ 8.0:mm @ 0.15x 1.00	7.88	23.63
S3	1	4.7	0.15	0.15	6	31	7: φ 6.0:mm @ 0.15x4.70	32: φ 8.0:mm @ 0.15x 1.00	19.72	19.72
S4	1	1.70	0.15	0.15	4	11	5: φ 8.0:mm @ 0.15x1.70	12: φ 7.5:mm @ 0.15x 0.70	5.59	5.59
S5	2	4.70	0.075	0.15	31	31	32: φ 6.5:mm @ 0.08x4.70	32: φ 16.0:mm @ 0.15x 2.35	75.20	150.40
S6	2	4.70	0.075	0.075	31	62	32: φ 7.0:mm @ 0.08x4.70	63: φ 16.5:mm @ 0.08x 2.35	96.94	193.88
									<b>TOTAL [kg/placa] =</b>	<b>1,520.4</b>

MALLA	CANT	B [m]	H [m]	SEPX (cm)	SEPY (cm)	nx	ny	REFUERZO				W [k/piso]
								LONGITUDINAL		TRANSVERSAL		
<b>REFUERZO POSITIVO</b>												
11	32	3.10	2.35	0.15	0.15	15	20	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.35	696.61
12	1	1.00	2.85	0.15	0.15	19	6	19 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.00	7 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.85	8.57
13	4	3.10	1.40	0.15	0.15	9	20	10 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.40	53.15
14	2	5.05	1.40	0.075	0.15	18	33	19 φ 7.5 mm	@ 0.08 x 5.05	34 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.40	88.11
15	2	4.70	2.35	0.075	0.15	31	31	32 φ 6.5 mm	@ 0.08 x 4.70	32 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.35	111.30
16	2	4.70	2.35	0.15	0.15	15	31	16 φ 6.5 mm	@ 0.15 x 4.70	32 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.35	72.19
17	2	2.15	1.00	0.075	0.15	13	14	14 φ 6.0 mm	@ 0.08 x 2.15	15 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.00	19.84
18	1	2.00	2.40	0.15	0.15	16	13	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.00	14 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.40	14.43
19	1	2.85	1.80	0.15	0.15	12	19	12 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.85	19 φ 7.5 mm	@ 0.15 x 1.80	19.49
110	1	2.85	2.35	0.15	0.15	15	19	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.85	19 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.35	19.86
111	1	2.85	0.75	0.15	0.15	5	19	5 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.85	19 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 0.75	6.27
112	1	3.10	2.20	0.15	0.15	14	20	15 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.20	20.39
113	1	2.00	2.40	0.15	0.15	16	13	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.00	14 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.40	14.43
114	1	1.50	2.20	0.15	0.15	14	10	15 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.50	10 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.20	9.79
115	1	1.50	2.45	0.15	0.15	16	10	17 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.50	10 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.45	11.00
116	2	2.35	2.20	0.15	0.15	14	15	15 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.35	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.20	31.00
117	2	3.10	1.20	0.15	0.15	8	20	8 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.20	22.00
118	2	3.10	0.70	0.15	0.15	4	20	5 φ 7.5 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 0.70	17.32
119	2	3.55	0.60	0.15	0.15	4	23	4 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.55	24 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 0.60	12.58
121	2	2.15	1.00	0.15	0.15	6	14	7 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.15	15 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.00	13.22
<b>REFUERZO NEGATIVO</b>												
S1	7	1	2.35	0.15	0.15	15	6	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.00	7 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.35	49.97
S2	3	3.1	1	0.15	0.15	6	20	7 φ 5.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.00	23.63
S3	1	4.7	1	0.15	0.15	6	31	7 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 4.70	32 φ 8.0 mm	@ 0.15 x 1.00	19.72
S4	2	5.05	1.40	0.075	0.15	18	33	19 φ 8.0 mm	@ 0.08 x 5.05	34 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.40	105.38
S5	2	4.70	2.35	0.075	0.15	31	31	32 φ 8.0 mm	@ 0.08 x 4.70	32 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.35	150.40
S6	2	4.70	2.35	0.075	0.15	31	31	32 φ 7.0 mm	@ 0.08 x 4.70	32 φ 7.5 mm	@ 0.15 x 2.35	142.88
S7	2	2.15	1.00	0.075	0.15	13	14	14 φ 6.5 mm	@ 0.08 x 2.15	15 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.00	22.25
S8	2	3.10	2.35	0.15	0.15	15	20	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.35	43.54
<b>TOTAL [kg/placa] =</b>											<b>1,819.3</b>	

- PISO TIPO

MALLA	CANT	B [m]	H [m]	SEPX (cm)	SEPY (cm)	nx	ny	REFUERZO				W [k/piso]
								LONGITUDINAL		TRANSVERSAL		
<b>REFUERZO POSITIVO</b>												
11	32	3.10	2.35	0.15	0.15	15	20	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.35	696.61
12	1	1.00	2.85	0.15	0.15	19	6	19 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.00	7 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.85	8.57
13	4	3.10	1.40	0.15	0.15	9	20	10 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 1.40	53.15
14	2	5.05	1.40	0.075	0.15	18	33	19 φ 7.5 mm	@ 0.08 x 5.05	34 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 1.40	88.11
15	2	4.70	2.35	0.075	0.15	31	31	32 φ 6.5 mm	@ 0.08 x 4.70	32 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.35	111.30
16	2	4.70	2.35	0.15	0.15	15	31	16 φ 6.5 mm	@ 0.15 x 4.70	32 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.35	72.19
17	2	2.15	1.00	0.075	0.15	13	14	14 φ 6.0 mm	@ 0.08 x 2.15	15 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 1.00	19.84
18	1	2.00	2.40	0.15	0.15	16	13	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.00	14 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.40	14.43
19	1	2.85	1.80	0.15	0.15	12	19	12 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.85	19 φ 7.5 mm	@ 0.15 x 1.80	19.49
110	1	2.85	2.35	0.15	0.15	15	19	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.85	19 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.35	19.86
111	1	2.85	0.75	0.15	0.15	5	19	5 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.85	19 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 0.75	6.27
112	1	3.10	2.20	0.15	0.15	14	20	15 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.20	20.39
113	1	2.00	2.40	0.15	0.15	16	13	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.00	14 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.40	14.43
114	1	1.50	2.20	0.15	0.15	14	10	15 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.50	10 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.20	9.79
115	1	1.50	2.45	0.15	0.15	16	10	17 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.50	10 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.45	11.00
116	2	2.35	2.20	0.15	0.15	14	15	15 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.35	16 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.20	31.00
117	2	3.10	1.20	0.15	0.15	8	20	8 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 1.20	22.00
118	2	3.10	0.70	0.15	0.15	4	20	5 φ 7.5 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 0.70	17.32
119	2	3.55	0.60	0.15	0.15	4	23	4 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.55	24 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 0.60	12.58
120	1	1.80	2.65	0.15	0.15	17	12	18 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.80	13 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.65	14.71
121	2	2.15	1.00	0.15	0.15	6	14	7 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 2.15	15 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 1.00	13.22
<b>REFUERZO NEGATIVO</b>												
S1	7	1	2.35	0.15	0.15	15	6	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 1.00	7 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.35	49.97
S2	3	3.1	1	0.15	0.15	6	20	7 φ 5.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 1.00	23.63
S3	1	4.7	1	0.15	0.15	6	31	7 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 4.70	32 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 1.00	19.72
S4	2	5.05	1.40	0.075	0.15	18	33	19 φ 8.5 mm	@ 0.08 x 5.05	34 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 1.40	105.38
S5	2	4.70	2.35	0.075	0.15	31	31	32 φ 8.0 mm	@ 0.08 x 4.70	32 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.35	150.40
S6	2	4.70	2.35	0.075	0.15	31	31	32 φ 7.0 mm	@ 0.08 x 4.70	32 φ 7.5 mm	@ 0.15 x 2.35	142.88
S7	2	2.15	1.00	0.075	0.15	13	14	14 φ 6.5 mm	@ 0.08 x 2.15	15 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 1.00	22.25
S8	2	3.10	2.35	0.15	0.15	15	20	16 φ 6.0 mm	@ 0.15 x 3.10	21 φ 16.0 mm	@ 0.15 x 2.35	43.54
S20	1	2.50	2.65	0.075	0.15	35	16	36 φ 6.5 mm	@ 0.08 x 2.50	17 φ 16.5 mm	@ 0.15 x 2.65	35.11
											<b>TOTAL [kg/placa] =</b>	<b>1,869.1</b>
											<b>TOTAL ACERO = Wpiso tipo * 11 pisos</b>	
											<b>TOTAL ACERO = 20561 Kg</b>	

➤ VIGAS SOBRE MUROS

PISO DOS VSM (.20X.10)											
EJE	L (m)	REFUERZO		W (kg)	ESTRIBOS					W (kg)	
7	5.65	2.0	φ 3/8 a todo lo largo	6.32	29	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.29	m	2.04	
9	6.78	2.0	φ 3/8 a todo lo largo	7.58	34	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.29	m	2.45	
10	7	2.0	φ 3/8 a todo lo largo	7.83	35	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.29	m	2.53	
11	8.13	2.0	φ 3/8 a todo lo largo	9.09	41	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.29	m	2.94	
13X	6.6	2.0	φ 3/8 a todo lo largo	7.38	33	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.29	m	2.38	
14	12	2.0	φ 3/8 a todo lo largo	13.42	60	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.29	m	4.33	
16	12.6	2.0	φ 3/8 a todo lo largo	14.09	63	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.29	m	4.55	
17	10.8	2.0	φ 3/8 a todo lo largo	12.07	54	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.29	m	3.90	
18	15.3	2.0	φ 3/8 a todo lo largo	17.11	77	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.29	m	5.52	
bre mampo	62	2.0	φ 3/8 a todo lo largo	69.32	310	φ 1/4 @ 20	cm	L= 1.29	m	99.58	
				<b>164.19</b>						<b>130.21</b>	
PISO DOS VIGA TIPO ENTRE VANOS (.20X.10)											
EJE	L (m)	REFUERZO		W (kg)	ESTRIBOS					W (kg)	
7	2.5	4.0	φ 3/8 a todo lo largo	5.59	13	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.56	m	1.74	
9	3.7	4.0	φ 3/8 a todo lo largo	8.27	19	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.56	m	2.58	
10	2.3	4.0	φ 3/8 a todo lo largo	5.14	12	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.56	m	1.60	
13X	2	4.0	φ 3/8 a todo lo largo	4.47	10	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.56	m	1.39	
14	1.95	4.0	φ 3/8 a todo lo largo	4.36	10	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.56	m	1.36	
16	6.4	4.0	φ 3/8 a todo lo largo	14.31	32	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.56	m	4.46	
17	2.5	4.0	φ 3/8 a todo lo largo	5.59	13	φ 1/4 @ 20	cm	L= 0.56	m	1.74	
				<b>47.74</b>						<b>14.89</b>	
PISO DOS VIGA DESCOLGADA (.15X.20)											
EJE	L (m)	REFUERZO		W (kg)	ESTRIBOS					W (kg)	
17	3.7	4.0	φ 1/2 a todo lo largo	14.71	19	φ 3/8 @ 20	cm	L= 0.64	m	6.62	
				<b>14.71</b>						<b>6.62</b>	

PISO TIPO		VSM (.20X.10)														
EJE	L (m)	REFUERZO			W (kg)	ESTRIBOS					W (kg)					
7	4.8	2.0	φ	3/8	a todo lo largo	5.14	23	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.29	m	1.66
9	6.2	2.0	φ	3/8	a todo lo largo	6.93	31	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.29	m	2.24
10	9.1	2.0	φ	3/8	a todo lo largo	10.17	46	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.29	m	3.29
11	6.8	2.0	φ	3/8	a todo lo largo	7.60	34	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.29	m	2.46
13X	6.4	2.0	φ	3/8	a todo lo largo	7.16	32	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.29	m	2.31
14	10.5	2.0	φ	3/8	a todo lo largo	11.74	53	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.29	m	3.79
16	12.8	2.0	φ	3/8	a todo lo largo	14.31	64	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.29	m	4.62
17	9.4	2.0	φ	3/8	a todo lo largo	10.51	47	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.29	m	3.39
18	15.3	2.0	φ	3/8	a todo lo largo	17.11	77	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.29	m	5.52
mampost.	74.7	2.0	φ	3/8	a todo lo largo	83.51	374	φ	1/4	@	20	cm	L=	1.29	m	119.97
					<b>174.18</b>						<b>149.25</b>					
PISO TIPO		VIGA TIPO ENTRE VANOS (.20X.10)														
EJE	L (m)	REFUERZO			W (kg)	ESTRIBOS					W (kg)					
7	5.7	4.0	φ	3/8	a todo lo largo	12.75	29	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.56	m	3.97
9	6.4	4.0	φ	3/8	a todo lo largo	14.31	32	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.56	m	4.46
10	4.8	4.0	φ	3/8	a todo lo largo	10.29	23	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.56	m	3.21
11	5.7	4.0	φ	3/8	a todo lo largo	12.75	29	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.56	m	3.97
13X	3.3	4.0	φ	3/8	a todo lo largo	7.38	17	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.56	m	2.30
14	4.45	4.0	φ	3/8	a todo lo largo	9.95	23	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.56	m	3.10
16	7.15	4.0	φ	3/8	a todo lo largo	15.99	36	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.56	m	4.98
17	5.2	4.0	φ	3/8	a todo lo largo	11.63	26	φ	1/4	@	20	cm	L=	0.56	m	3.63
					<b>95.03</b>						<b>29.63</b>					
PISO TIPO		VIGA DESCOLGADA (.15X.20)														
EJE	L (m)	REFUERZO			W (kg)	ESTRIBOS					W (kg)					
13X	4	4.0	φ	1/2	a todo lo largo	15.90	20	φ	3/8	@	20	cm	L=	0.64	m	7.16
14	2.85	4.0	φ	1/2	a todo lo largo	11.33	15	φ	3/8	@	20	cm	L=	0.64	m	5.10
17	7.9	4.0	φ	1/2	a todo lo largo	31.41	40	φ	3/8	@	20	cm	L=	0.64	m	14.13
					<b>58.65</b>						<b>26.38</b>					

<b>TOTALES =</b>	<b>REFUERZO LONGITUDINAL = 4160.96 Kg</b>
	<b>REFUERZO TRANSVERSAL = 2614.94 Kg</b>
	<b>6775.91 Kg</b>

➤ VOLUMEN MUROS ESTRUCTURALES

EJE	PISO	L (m)	h (m)	AREA (m2)	e (m)	CANT	VOL (m3)
7	1	5.7	3.2	18.24	0.15	1	2.74
	2	5.7	2.45	13.965	0.15	1	2.09
	3	5.5	2.45	13.475	0.15	1	2.02
	TIPO	4.6	2.45	11.27	0.15	10	16.91
9	1	6.93	3.2	22.176	0.15	1	3.33
	2	6.93	2.45	16.9785	0.15	1	2.55
	3	6.19	2.45	15.1655	0.15	1	2.27
	TIPO	6.19	2.45	15.1655	0.15	10	22.75
10	1	8.14	3.2	26.048	0.15	1	3.91
	2	8.14	2.45	19.943	0.15	1	2.99
	3	10.19	2.45	24.9655	0.15	1	3.74
	TIPO	9.19	2.45	22.5155	0.15	10	33.77
11	1	9.24	3.2	29.568	0.15	1	4.44
	2	9.24	2.45	22.638	0.15	1	3.40
	3	6.66	2.45	16.317	0.15	1	2.45
	TIPO	7.2	2.45	17.64	0.15	10	26.46
13X	1	6.65	3.2	21.28	0.15	1	3.19
	2	6.65	2.45	16.2925	0.15	1	2.44
	3	5.9	2.45	14.455	0.15	1	2.17
	TIPO	6.4	2.45	15.68	0.15	10	23.52
14	1	11.4	3.2	36.48	0.15	1	5.47
	2	12.35	2.45	30.2575	0.15	1	4.54
	3	12.5	2.45	30.625	0.15	1	4.59
	TIPO	11.75	2.45	28.7875	0.15	10	43.18
16	1	13.4	3.2	42.88	0.15	1	6.43
	2	12.6	2.45	30.87	0.15	1	4.63
	3	12.75	2.45	31.2375	0.15	1	4.69
	TIPO	12.75	2.45	31.2375	0.15	10	46.86
17	1	13.41	3.2	42.912	0.15	1	6.44
	2	10.88	2.45	26.656	0.15	1	4.00
	3	9.3	2.45	22.785	0.15	1	3.42
	TIPO	9.3	2.45	22.785	0.15	10	34.18
19	1	13.42	3.2	42.944	0.15	1	6.44
	2	13.92	2.45	34.104	0.15	1	5.12
	3	15.37	2.45	37.6565	0.15	1	5.65
	TIPO	15.37	2.45	37.6565	0.15	10	56.48
S	1	1.8	3.2	5.76	0.15	1	0.86
	2	1.8	2.45	4.41	0.15	1	0.66
	3	1.8	2.45	4.41	0.15	1	0.66
	TIPO	1.8	2.45	4.41	0.15	10	6.62
T	1	13.8	3.2	44.16	0.15	1	6.62
	2	13.8	2.45	33.81	0.15	1	5.07
	3	13.8	2.45	33.81	0.15	1	5.07
	TIPO	13.8	2.45	33.81	0.15	10	50.72
O	1	4.5	3.2	14.4	0.15	1	2.16
	2	5.2	2.45	12.74	0.15	1	1.91
	3	5.2	2.45	12.74	0.15	1	1.91
	TIPO	5.2	2.45	12.74	0.15	10	19.11
				<b>TOTAL (m2) =</b>			<b>3404.13</b>
				<b>TOTAL (m3) =</b>			<b>510.62</b>

## SISTEMA TRADICIONAL

### ➤ VIGAS DE ENLACE

TRAMO	LUZ (m)	SECCION (cm)	As (-) refuerzo (cm <sup>2</sup> )	Peso (kg)	ESTRIBOS	volumen (m <sup>3</sup> )	excavacion (m <sup>3</sup> )
Z16A - Z18A	5.5	100 x 80	9 # 8 L = 104.81	6.4	228.84 21 φ 1/2 @ 10 cm	2.66	3.21
Z16G - Z18G	5.5	100 x 80	8 # 8 L = 85.38	4.4	139.85 16 φ 3/4 @ 20 cm	2.66	3.21
			5 # 8 L = 67.54	3.4			
			As (+) 9 # 6 L = 128.74	6.4			
			24.33				
Z16B - Z18B	5.5	90 x 80	As (-) 9 # 8 L = 104.81	6.4	228.84 21 φ 1/2 @ 10 cm	2.394	2.89
Z16D - Z18D	5.5	90 x 80	8 # 8 L = 85.38	4.4	139.85 16 φ 3/4 @ 20 cm	2.394	2.89
			As (+) 8 # 6 L = 114.43	6.4		<b>10.108</b>	<b>12.20</b>
			21.9				
			W refuerzo long (Kg) =	2096.20 Kg			
			W refuerzo trans (Kg) =	468.74 Kg			
			<b>TOTAL</b>	<b>2564.94 Kg</b>			

➤ ZAPATAS

ZAPATA	REACCION (Ton)	Dimensiones col. (cm)	DIMENSIONES			Area Zapata (m <sup>2</sup> )		As (cm <sup>2</sup> )		Refuerzo en X		Refuerzo en Y		Vol de zapatas (m <sup>3</sup> )		Vol excavacion (m <sup>3</sup> )
			h (cm)	Lx (cm)	Ly (cm)	X	Y	cant.		cant.		w (kg)				
Z7C	223.50888	40 x 120	60	2	280	5.6	19.08	26.71	7 φ: 3/4 @ 28.0 cm	10 φ: 3/4 @ 28.0 cm			93.87	3.36	5.04	
Z7E	254.37291	100 x 40	60	28	220	6.16	26.71	20.99	10 φ: 3/4 @ 28.0 cm	8 φ: 3/4 @ 27.0 cm			101.92	3.70	5.54	
Z7F	222.244971	40 x 120	60	19	270	5.13	18.13	25.76	7 φ: 3/4 @ 27.0 cm	10 φ: 3/4 @ 27.0 cm			90.07	3.08	4.62	
Z10C	425.117965	40 x 120	65	28	360	10.08	39.96	51.38	15 φ: 3/4 @ 18.0 cm	19 φ: 3/4 @ 18.0 cm			246.74	6.55	9.58	
Z10E	432.879871	100 x 40	70	35	290	10.15	50.35	41.72	18 φ: 3/4 @ 19.0 cm	15 φ: 3/4 @ 19.0 cm			238.03	7.11	10.15	
Z10F	428.757907	40 x 120	65	28	360	10.08	40.31	51.83	15 φ: 3/4 @ 18.0 cm	19 φ: 3/4 @ 18.0 cm			246.74	6.55	9.58	
Z13C	430.338819	40 x 120	65	28	360	10.08	40.47	52.03	15 φ: 3/4 @ 18.0 cm	19 φ: 3/4 @ 18.0 cm			246.74	6.55	9.58	
Z13E	413.368732	100 x 40	70	34	280	9.52	45.82	37.73	17 φ: 3/4 @ 20.0 cm	14 φ: 3/4 @ 20.0 cm			216.80	6.66	9.52	
Z13F	414.896873	40 x 120	65	28	360	10.08	38.97	50.11	14 φ: 3/4 @ 20.0 cm	18 φ: 3/4 @ 20.0 cm			232.44	6.55	9.58	
Z14A	255.611066	40 x 120	60	21	290	6.09	20.03	27.67	8 φ: 3/4 @ 26.0 cm	10 φ: 3/4 @ 29.0 cm			102.36	3.65	5.48	
Z14B	357.15247	40 x 120	60	25	330	8.25	30.63	40.43	11 φ: 3/4 @ 22.0 cm	15 φ: 3/4 @ 22.0 cm			172.10	4.95	7.43	
Z16A	345.590913	40 x 120	60	25	330	8.25	29.61	39.09	11 φ: 3/4 @ 22.0 cm	14 φ: 3/4 @ 23.0 cm			164.72	4.95	7.43	
Z16B	402.627959	40 x 120	65	27	350	9.45	35.88	46.25	13 φ: 3/4 @ 20.0 cm	17 φ: 3/4 @ 20.0 cm			211.43	6.14	8.98	
Z16D	392.8028	40 x 120	65	27	350	9.45	34.78	45.08	13 φ: 3/4 @ 20.0 cm	16 φ: 3/4 @ 21.0 cm			203.61	6.14	8.98	
Z16G	369.106595	40 x 120	60	26	340	8.84	33.78	44.17	12 φ: 3/4 @ 21.0 cm	16 φ: 3/4 @ 21.0 cm			191.32	5.30	7.96	
Z18A	265.607796	40 x 120	60	25	350	8.75	34.79	33.39	13 φ: 3/4 @ 19.0 cm	12 φ: 3/4 @ 29.0 cm			166.51	5.25	7.88	
Z18B	244.392173	40 x 120	60	24	320	7.68	24.12	30.53	9 φ: 3/4 @ 26.0 cm	11 φ: 3/4 @ 29.0 cm			126.95	4.61	6.91	
Z18D	244.49884	40 x 120	60	24	320	7.68	24.12	30.53	9 φ: 3/4 @ 26.0 cm	11 φ: 3/4 @ 29.0 cm			126.95	4.61	6.91	
Z18G	284.029349	40 x 120	60	25	350	8.75	34.79	33.39	13 φ: 3/4 @ 19.0 cm	12 φ: 3/4 @ 29.0 cm			166.51	5.25	7.88	
Z14D	458.388766	190 x 40	60	41	260	10.66	54.91	34.82	20 φ: 3/4 @ 20.0 cm	13 φ: 3/4 @ 20.0 cm			258.81	6.40	9.59	
Z14FG	258.858592	40 x 123	60	21	300	6.3	20.03	28.62	8 φ: 3/4 @ 26.0 cm	11 φ: 3/4 @ 27.0 cm			111.30	3.78	5.67	
e = Zapata excéntrica													<b>TOTALES = 3604.61 109.95 164.26</b>			

➤ VIGAS DE AMARRE

VIGAS LONGITUDINALES									
TRAMO	LUZ (m)	Secc. (cm)	CARGA (Ton)	As (cm <sup>2</sup> )	REFUERZO	W (Kg)	ESTRIBOS	VOL (m <sup>3</sup> )	Vol Excav. (m <sup>3</sup> )
ZAPATA									
Z10C - REACCION									
Z10E	3.51:40	35	15.90	4.21:4.0	5/8" a todo lo largo	21.79	20 φ 3/4 @ 17.5cm	0.22	0.40
Z10F	3.51:40	35	15.90	4.21:4.0	5/8" a todo lo largo	21.79	20 φ 3/4 @ 17.5cm	0.22	0.40
Z10G	3.51:40	35	27.05	7.16:4.0	5/8" a todo lo largo	21.79	20 φ 3/4 @ 17.5cm	0.11	0.21
Z10H	3.51:40	35	27.05	7.16:4.0	5/8" a todo lo largo	21.79	20 φ 3/4 @ 17.5cm	0.11	0.21
Z10I	3.51:40	35	26.90	7.12:4.0	5/8" a todo lo largo	21.79	20 φ 3/4 @ 17.5cm	0.12	0.22
Z10J	3.51:40	35	25.93	6.86:4.0	5/8" a todo lo largo	21.79	20 φ 3/4 @ 17.5cm	0.12	0.22
Z10K	6.40:35	35	22.32	5.91:4.0	5/8" a todo lo largo	37.25	34 φ 3/4 @ 17.5cm	0.41	0.77
Z10L	6.40:35	35	28.65	7.58:4.0	5/8" a todo lo largo	37.25	34 φ 3/4 @ 17.5cm	0.41	0.77
Z10M	6.2:40	35	25.16	6.66:4.0	5/8" a todo lo largo	38.49	35 φ 3/4 @ 17.5cm	0.41	0.75
Z10N	3.95:40	35	25.16	6.66:4.0	5/8" a todo lo largo	24.52	22 φ 3/4 @ 17.5cm	0.06	0.12
Z10O	6.3:40	35	24.55	6.49:4.0	5/8" a todo lo largo	39.11	36 φ 3/4 @ 17.5cm	0.40	0.74
Z10P	6.2:40	35	17.85	4.72:4.0	5/8" a todo lo largo	38.49	35 φ 3/4 @ 17.5cm	0.40	0.74
Z10Q	4.2:40	35	15.27	4.04:4.0	5/8" a todo lo largo	26.07	24 φ 3/4 @ 17.5cm	0.13	0.25
Z10R	6.2:40	35	17.75	4.70:4.0	5/8" a todo lo largo	38.49	35 φ 3/4 @ 17.5cm	0.40	0.74
Z10S									
Z10T									
Z10U									
Z10V									
Z10W									
Z10X									
Z10Y									
Z10Z									
VIGAS TRANSVERSALES									
TRAMO	LUZ (m)	Secc. (cm)	CARGA (Ton)	As (cm <sup>2</sup> )					
Z10C	5.6:40	35	26.5699	7.03:4.0	5/8" a todo lo largo	34.76	32 φ 3/4 @ 17.5cm	0.44	0.82
Z10E	5.6:40	35	27.055	7.16:4.0	5/8" a todo lo largo	34.76	32 φ 3/4 @ 17.5cm	0.35	0.65
Z10F	5.6:40	35	26.7974	7.09:4.0	5/8" a todo lo largo	34.76	32 φ 3/4 @ 17.5cm	0.44	0.82
Z10G	5.6:40	35	26.8962	7.12:4.0	5/8" a todo lo largo	34.76	32 φ 3/4 @ 17.5cm	0.39	0.73
Z10I	5.6:40	35	27.055	7.16:4.0	5/8" a todo lo largo	34.76	32 φ 3/4 @ 17.5cm	0.30	0.56
Z10J	5.6:40	35	26.7974	7.09:4.0	5/8" a todo lo largo	34.76	32 φ 3/4 @ 17.5cm	0.39	0.73
Z10K	4.2:40	35	26.8962	7.12:4.0	5/8" a todo lo largo	26.07	24 φ 3/4 @ 17.5cm	0.20	0.36
Z10L	4.5:40	35	28.6493	7.58:4.0	5/8" a todo lo largo	27.94	25 φ 3/4 @ 17.5cm	0.08	0.16
Z10M	4.2:40	35	16.1787	4.28:4.0	5/8" a todo lo largo	26.07	24 φ 3/4 @ 17.5cm	0.24	0.45
Z10N	3:40	35	21.5994	5.71:4.0	5/8" a todo lo largo	18.62	17 φ 3/4 @ 17.5cm	0.07	0.13
Z10O	3:40	35	25.1642	6.66:4.0	5/8" a todo lo largo	18.62	17 φ 3/4 @ 17.5cm	0.05	0.09
Z10P	3:40	35	23.0692	6.10:4.0	5/8" a todo lo largo	18.62	17 φ 3/4 @ 17.5cm	0.06	0.12
Z10Q									
Z10R									
Z10S									
Z10T									
Z10U									
Z10V									
Z10W									
Z10X									
Z10Y									
Z10Z									
W total refuerzo long. = 754.95 W total refuerzo trans. = 502.15									12.15
TOTAL =									1257 Kg



➤ VIGAS DE BORDE

PISO	LONG. (m)	SECCION (cm)	REFUERZO		W (Kg)
2 PISO	48.6	15 X 40	4	φ 3/8 a todo lo largo	108.6696
3 PISO	65.4	15 X 40	4	φ 3/8 a todo lo largo	146.2344
TIPO	71.2	15 X 40	4	φ 3/8 a todo lo largo	1751.2352
					<b>2006.1392</b>

PISO	ESTRIBOS				W (kg)	TOTAL	VOLUMEN
2 PISO	243	φ 1/4 @	20 cm	L = 1.04	62.92728	<b>171.60</b>	<b>2.5515</b>
3 PISO	327	φ 1/4 @	20 cm	L = 1.04	84.67992	<b>230.91</b>	<b>3.4335</b>
TIPO	356	φ 1/4 @	20 cm	L = 1.04	1014.08736	<b>2765.32</b>	<b>3.738</b>
					<b>1161.69456</b>	<b>3167.83</b>	<b>47.103</b>

**TOTAL ACERO VIGAS DE BORDE  
(Kg) = 3167.83**

➤ VOLUMENES DE CONCRETO POR PISO

- PISO 2

VIGAS	LONG. (m)	DIMENSION (m)		VOL (m3)
EJE 7	8.8	0.3	X 0.35	0.92
EJE 10	8.8	0.3	X 0.35	0.92
EJE 13	8.8	0.3	X 0.35	0.92
EJE 14	14.7	0.3	X 0.35	1.54
EJE 16	17.52	0.3	X 0.35	1.84
EJE 18	14.3	0.3	X 0.35	1.50
EJE A	7.8	0.3	X 0.35	0.82
EJE B	7.95	0.3	X 0.35	0.83
EJE C	10.6	0.3	X 0.35	1.11
EJE D	8.5	0.3	X 0.35	0.89
EJE E	11.27	0.3	X 0.35	1.18
EJE F	14.3	0.3	X 0.35	1.50
EJE G	7.8	0.3	X 0.35	0.82
diagonal 1	3.64	0.3	X 0.35	0.38
diagonal 2	3.1	0.3	X 0.35	0.33
Viga escalera	3.82	0.3	X 0.35	0.40
				<b>TOTAL = 15.93</b>

VTAS		LONG. (m)	DIMENSION (m)		VOL (m3)	CANT	VOL TOTAL (m3)	
TIPO	1	8	0.1	X	0.35	0.28	14	3.92
TIPO	2	5.3	0.1	X	0.35	0.19	1	0.19
TIPO	3	2.33	0.1	X	0.35	0.08	1	0.08
TIPO	4	1.55	0.1	X	0.35	0.05	1	0.05
TIPO	5	6.5	0.1	X	0.35	0.23	1	0.23
TIPO	6	6.5	0.1	X	0.35	0.23	1	0.23
TIPO	7	16.8	0.1	X	0.35	0.59	2	1.18
TIPO	8	6.2	0.1	X	0.35	0.22	5	1.09
TIPO	9	7.8	0.1	X	0.35	0.27	3	0.82
TIPO	10	6.75	0.1	X	0.35	0.24	2	0.47
<b>TOTAL =</b>							<b>8.25</b>	

- PISO TIPO

VIGAS		LONG. (m)	DIMENSION (m)		VOL (m3)			
EJE	7	8.8	0.3	X	0.35	0.92		
EJE	10	11	0.3	X	0.35	1.16		
EJE	13	11	0.3	X	0.35	1.16		
EJE	14	14.7	0.3	X	0.35	1.54		
EJE	16	17.52	0.3	X	0.35	1.84		
EJE	18	14.77	0.3	X	0.35	1.55		
EJE	A	7.8	0.3	X	0.35	0.82		
EJE	B	7.95	0.3	X	0.35	0.83		
EJE	C	10.6	0.3	X	0.35	1.11		
EJE	D	8.5	0.3	X	0.35	0.89		
EJE	E	11.27	0.3	X	0.35	1.18		
EJE	F	14.3	0.3	X	0.35	1.50		
EJE	G	7.8	0.3	X	0.35	0.82		
diagonal	1	3.64	0.3	X	0.35	0.38		
diagonal	2	3.1	0.3	X	0.35	0.33		
Viga escalera		3.82	0.3	X	0.35	0.40		
<b>TOTAL =</b>						<b>16.44</b>		
VTAS		LONG. (m)	DIMENSION (m)		VOL (m3)	CANT	VOL TOTAL (m3)	
TIPO	1	8	0.1	X	0.35	0.28	3	0.84
TIPO	2	10.2	0.1	X	0.35	0.36	8	2.86
TIPO	3	11.8	0.1	X	0.35	0.41	1	0.41
TIPO	4	5.6	0.1	X	0.35	0.20	1	0.20
TIPO	5	1.55	0.1	X	0.35	0.05	1	0.05
TIPO	6	2.3	0.1	X	0.35	0.08	1	0.08
TIPO	7	6.5	0.1	X	0.35	0.23	1	0.23
TIPO	8	6.5	0.1	X	0.35	0.23	1	0.23
TIPO	9	16.8	0.1	X	0.35	0.59	2	1.18
TIPO	10	7.8	0.1	X	0.35	0.27	3	0.82
TIPO	11	7.8	0.1	X	0.35	0.27	3	0.82
TIPO	12	6.7	0.1	X	0.35	0.23	2	0.47
TIPO	13	6.7	0.1	X	0.35	0.23	2	0.47
<b>TOTAL =</b>							<b>8.65</b>	

VOLUMEN DE CONCRETO POR PLACA (PISO TIPO) =				40.59	m3
VOLUMEN DE CONCRETO POR PLACA (PISO DOS) =				38.33	m3
TOTAL X 12 PISOS =				487.04	m3
TOTAL X 13 PISOS =				525.37	m3

➤ MAMPOSTERIA

PISO 1 Y 2	MAMPOSTERIA			DE FACHADA		FRISO			IMPERMEABILIZADO	
	EJE	LONG (m)	ALTURA (m)	AREA (m2)	LONG (m)	AREA	LONG (m)	CARAS	AREA	LONG (m)
7	2.2	2.4	5.28	2.2	5.28	2.2	2	5.28		0.00
9	4.05	2.4	9.72		0	4.05	2	19.44		0.00
10	4.5	2.4	10.8		0	4.5	2	21.60	0	0.00
11	4.45	2.4	10.68		0	4.45	2	21.36		0.00
13x	6.4	2.4	15.36		0	6.4	2	28.80	0.8	1.92
14	8.3	2.4	19.92	4.65	11.16	8.3	2	28.68		0.00
16	8.1	2.4	19.44		0	8.1	2	38.88		0.00
17	8.7	2.4	20.88		0	8.7	2	41.76		0.00
18	10.1	2.4	24.24	10.1	24.24	10.1	2	22.30	0.81	1.94
T	10.8	2.4	25.92			10.8	2	47.52	1.8	4.32
O	5.2	2.4	12.48			3	2	14.40	0	0.00
TOTAL =	72.8		174.72		40.68			290.02		8.18

PISO 3	MAMPOSTERIA			DE FACHADA		FRISO			IMPERMEABILIZADO	
	EJE	LONG (m)	ALTURA (m)	AREA (m2)	LONG (m)	AREA	LONG (m)	CARAS	AREA	LONG (m)
7	2.2	2.4	5.28	2.2	5.28	2.2	2	5.28		0.00
9	6.2	2.4	14.88	2.2	5.28	6.2	2	24.48		0.00
10	6.3	2.4	15.12		0	6.3	2	23.04	3	7.20
11	6.8	2.4	16.32		0	6.8	2	32.64		0.00
13x	6.4	2.4	15.36		0	6.4	2	23.28	3.1	7.44
14	8.3	2.4	19.92	4.65	11.16	8.3	2	28.68		0.00
16	8.1	2.4	19.44		0	8.1	2	38.88		0.00
17	9.2	2.4	22.08		0	9.2	2	44.16		0.00
18	10.5	2.4	25.2	10.5	25.2	10.5	2	21.31	1.62	3.89
T	10.8	2.4	25.92		0	10.8	2	36.48	6.4	15.36
O	5.2	2.4	12.48		0	3	2	0.00	6	14.40
TOTAL =	80		192		46.92			278.23		48.29

PISO TIPO	MAMPOSTERIA			DE FACHADA		INTERIOR			IMPERMEABILIZADO	
	EJE	LONG (m)	ALTURA (m)	AREA (m2)	LONG (m)	AREA	LONG (m)	AREA	LONG (m)	AREA
7	2.2	2.4	5.28	2.2	5.28	2.2	2	5.28		0.00
9	6.2	2.4	14.88	2.2	5.28	6.2	2	24.48		0.00
10	6.3	2.4	15.12		0	6.3	2	24.72	2.3	5.52
11	6.8	2.4	16.32		0	6.6	2	31.68		0.00
13x	6.4	2.4	15.36		0	6.2	2	14.88	6.2	14.88
14	7	2.4	16.8	1.95	4.68	7	2	28.92		0.00
16	8.1	2.4	19.44		0	8.1	2	38.88		0.00
17	9.2	2.4	22.08		0	9.2	2	44.16		0.00
18	10.5	2.4	25.2	10.5	25.2	10.5	2	21.31	1.62	3.89
T	10.8	2.4	25.92			10.8	2	43.44	3.5	8.40
O	5.2	2.4	12.48			3	2	0.00	6	14.40
<b>TOTAL =</b>	<b>78.7</b>		<b>188.88</b>		<b>40.44</b>			<b>277.75</b>		<b>47.09</b>
<b>AREA MUROS EN LADRILLO H-10 =</b>					<b>2430.2 m2</b>					
<b>FRISO DE FACHADA =</b>					<b>532.68 m2</b>					
<b>FRISO MUROS INTERIORES =</b>					<b>3635.8 m2</b>					

#### VOL DE COLUMNAS

seccion	numero	h (m)	# de pisos	vol (m3)
40 x 120	16	2.4	12	221.18
40 x 120	16	2.5	1	19.20
40 x 100	3	2.4	12	34.56
40 x 100	3	2.5	1	3.00
				<b>277.94</b>

DILATACIONES EN MUROS DE FACHADA

PISO 1 Y 2	
EJE	LONG (m)
7	7.15
14	4.65
18	10.1
<b>TOTAL =</b>	<b>21.9</b>

PISO 3				
EJE	LONG (m)			
7	7.15			
9	2.2			
14	4.65			
18	10.5			
<b>TOTAL =</b>	<b>24.5</b>	49		
PISO TIPO				
EJE	LONG (m)			
7	9.35			
9	2.2			
14	7.6			
18	10.5			
<b>TOTAL =</b>	<b>29.65</b>	593		
<b>LONGITUD DE DILATACIONES</b>		<b>707.7 ML</b>		

## ANEXO 4. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

<b>INVERSIONES LA FONTANA LTDA</b>		<b>Análisis de Precios Unitarios</b>			Hoja: Fecha: SEPT-2005	
OBRA: CACIQUE IPANÁ						
ITEM: CIMENTOS EN CONCRETO						Unidad: MB
<b>1- EQUIPO</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Tarifa Horaria</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>		
2502	VIBRADOR	6,000.00	2.00	12,000.0		
<b>Sub-total Equipos:</b>						<b>12,000</b>
<b>2- MATERIALES EN LA OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% Desp</b>	<b>V/r Unitario</b>	<b>V/r Parcial</b>
208	CONCRETO PREMZ. 3000 PSI 1"	MB	1	5%	180,000.0	189,000.0
640	TABLA CARACOLJ	VA	1	5%	10,150.0	10,657.5
245	ALAMBRE NEGRO	KG	2.84	5%	2,320.0	6,918.2
<b>Sub-total Materiales:</b>						<b>206,576</b>
<b>3- MANO DE OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>V/r Jornal o Subct.</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>	
3020	CONCRETO ZAPATAS Y VIGAS	MB	45,000.0	1.00	45,000.0	
Sub-Total						45,000.0
Prestaciones Sociales: %						-
Herramienta menor:						2,250
<b>Sub-total Mano de Obra:</b>						<b>47,250</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>265,826</b>
<b>4- COSTOS INDIRECTOS</b>						
<b>Descripcion</b>	<b>%Costo Directo</b>			<b>V/r Parcial</b>		
A.I.U.	-			-		
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>						<b>-</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>						<b>265,826</b>





<b>INVERSIONES LA FONTANA LTDA</b>		<b>Análisis de Precios Unitarios</b>				Hja	
						Fecha	SEPT-2006
OBRA: CACIQUE IPANÁ							
ITEM: EXCAVACIONE A MANO						Unidad	MB
<b>1- EQUIPO</b>							
Ccl	Descripcion	Tarifa Hbraria	Rendimiento		Vr Parcial		
<b>Sub-total Equipos:</b>						-	
<b>2- MATERIALES EN LA OBRA</b>							
Ccl	Descripcion	Und	Cantidad	% Desp	Vr Unitario	Vr Parcial	
<b>Sub-total Materiales:</b>						-	
<b>3- MANO DE OBRA</b>							
Ccl	Descripcion	Und	Vr Jornal o Subct.	Rendimiento	Vr Parcial		
3005	EXCAVA A MANO TIERRA Y/O CONG.	MB	8,980.0	1.00	8,980.0		
3010	CARRETEO DE TIERRA	MB	2,310.0	1.20	2,772.0		
<b>Sub-Total</b>					11,752.0		
Prestaciones Sociales: %						-	
Herramienta menor:						588	
<b>Sub-total Mano de Obra:</b>						12,340	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						12,339.6	
<b>4- COSTOS INDIRECTOS</b>							
Descripcion		% Costo Directo		Vr Parcial			
	A.I.U.		0%			-	
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>						-	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>						12,339.6	





<b>INVERSIONES LA FONTANA LTDA</b>		<b>Análisis de Precios Unitarios</b>			Hja	
					Fecha	SEPT-2006
OBRA: CAOQUE IPANÁ						
ITEM	RESANES MUROS CONCRETO Y PLACAS				Unidad	APTO
<b>1- EQUIPO</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Tarifa Horaria</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Vlr Parcial</b>		
<b>Subtotal Equipos:</b>						-
<b>2- MATERIALES EN LA OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% Desp</b>	<b>Vlr Unitario</b>	<b>Vlr Parcial</b>
227	MORTERO 1:3 (EN OBRA)	MB	0.1	5%	140,185.5	14,719.5
<b>Sub-total Materiales:</b>						14,719.5
<b>3- MANO DE OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>Vlr Jornal o Subct.</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Vlr Parcial</b>	
3001	AYUDANTE	JN	15,000.0	1	15,000.0	
3002	OFICIAL	JN	25,000.0	1.2	30,000.0	
Sub-Total						45,000.0
Prestaciones Sociales %						-
Herramienta menor:						2,250.0
<b>Sub-total Mano de Obra:</b>						<b>47,250.0</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>61,969.5</b>
<b>4- COSTOS INDIRECTOS</b>						
	<b>Descripcion</b>	<b>%Costo Directo</b>	<b>Vlr Parcial</b>			
	AI.U	0%	-			
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>						-
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>						<b>61,969.5</b>



<b>INVERSIONES LA FONTANA LTDA</b>		<b>Análisis de Precios Unitarios</b>				Hoja:	
						Fecha:	SEPT-2005
OBRA:	CACIQUE IPANÁ						
ITEM:	FRISO PLACAS						Unidad: M2
<b>1- EQUIPO</b>							
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Tarifa Horaria</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>			
2560	ANDAMIOS TUBULARES	37.50	20	75.0			
<b>Sub-total Equipos:</b>						<b>75</b>	
<b>2- MATERIALES EN LA OBRA</b>							
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%Desp</b>	<b>V/r Unitario</b>	<b>V/r Parcial</b>	
227	MORTERO 1:3 (EN OBRA)	M3	0.03	7%	140,185.5	4,500.0	
505	REGLAS FRISOS	GB	1		230.0	230.0	
<b>Sub-total Materiales:</b>						<b>4,730</b>	
<b>3- MANO DE OBRA</b>							
<b>Cd</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>V/r Jornal o Subct.</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>		
3068	FRISO PLACAS	M2	2,500.0	1	2,500.0		
Sub-Total						2,500.0	
Prestaciones Sociales: %						-	
Herramienta menor:						125	
<b>Sub-total Mano de Obra:</b>						<b>2,625</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>7,430</b>	
<b>4- COSTOS INDIRECTOS</b>							
	<b>Descripcion</b>	<b>%Costo Directo</b>		<b>V/r Parcial</b>			
	A.I.U.	0%		-			
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>						<b>-</b>	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>						<b>7,430</b>	



<b>INVERSIONES LA FONTANA LTDA</b>		<b>Análisis de Precios Unitarios</b>		Hija Fecha: SEPT-2005		
OBRA: CACIQUE IPANÁ						
ITEM: DILATACIONES Fachada				Unidad:	M.	
<b>1- EQUIPO</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Tarifa Horaria</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Vr Parcial</b>		
2665	ANDAMIOS COLGANTES	315.00	1.0	315.0		
<b>Sub-total Equipos:</b>				<b>315</b>		
<b>2- MATERIALES EN LA OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% Desp.</b>	<b>Vr Unitario</b>	<b>Vr Parcial</b>
505	REGLAS FRISOS	GB	1	7%	230.0	246.1
<b>Sub-total Materiales:</b>				<b>246</b>		
<b>3- MANO DE OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und.</b>	<b>Vr Jornal o Subct.</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Vr Parcial</b>	
3079	DILATACIONES Fachada	M.	1,200.0	1	1,200.0	
Sub-Total					1,200.0	
Prestaciones Sociales: %					-	
				Herramienta menor:	60	
				Sub-total Mano de Obra:	1,260	
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>1,821</b>	
<b>4- COSTOS INDIRECTOS</b>						
	<b>Descripcion</b>	<b>% Costo Directo</b>		<b>Vr Parcial</b>		
	A.I.U.	0%		-		
				<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	-	
				<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>	<b>1,821</b>	



<b>INVERSIONES LA FONTANA LTDA</b>		<b>Análisis de Precios Unitarios</b>			Hja	
					Fecha	SEPT-2005
OBRA: CACIQUE IPANÁ						
ITEM: COLUMNAS EN CONCRETO REF. a>.30					Unidad	MB
<b>AI.U:</b>						
<b>1- EQUIPO</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Tarifa Horaria</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>		
2502	VIBRADOR	6,000.00	1.5	9,000.0		
2550	ANDAMIOS TUBULARES	37.5	3.0	112.5		
<b>Subtotal Equipos:</b>					<b>9,113</b>	
<b>2- MATERIALES EN LA OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% Desp</b>	<b>V/r Unitario</b>	<b>V/r Parcial</b>
205	CONCRETO FREMZ 4000 PSI	MB	1	5%	231,840.0	243,432.0
605	FORMAleta MET. COLUMNAS a>.30	ML	3		4,240.0	12,720.0
535	ANTISOL BLANCO	KG	1.5	5%	2,243.0	3,532.7
<b>Sub-total Materiales:</b>					<b>259,685</b>	
<b>3- MANO DE OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>V/r Jornal o Subct.</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>	
3505	COLUMNAS EN CONCRETO a>.30	MB	80,000.0	1	80,000.0	
Sub-Total					80,000.0	
Prestaciones Sociales: %					-	
					Herramienta menor:	4,000
					<b>Sub-total Mano de Obra:</b>	<b>84,000</b>
					<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>352,797</b>
<b>4- COSTOS INDIRECTOS</b>						
	<b>Descripcion</b>	<b>%Costo Directo</b>	<b>V/r Parcial</b>			
	AI.U	0%	-			
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>-</b>	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>					<b>352,797</b>	



<b>INVERSIONES LA FONTANA LTDA</b>		<b>Análisis de Precios Unitarios</b>			Hoja	
					Fecha	SEPT-2005
OBRA: CACIQUE IPANÁ						
ITEM: ACERO DE REFUERZO					Unidad:	KG
<b>1- EQUIPO</b>						
Cd.	Descripcion	Tarifa Horaria	Rendimiento	V/r Parcial		
<b>Sub-total Equipos:</b>						-
<b>2- MATERIALES EN LA OBRA</b>						
Cd.	Descripcion	Und	Cantidad	% Desp.	V/r Unitario	V/r Parcial
235	REFUERZO FIGURADO Fy=60000	KG	1	3%	1,700.0	1,751.0
245	ALAMBRE NEGRO	KG	0.04	5%	2,320.0	97.4
<b>Sub-total Materiales:</b>						<b>2,003</b>
<b>3- MANO DE OBRA</b>						
Cd.	Descripcion	Und	V/r Jornal o Subct.	Rendimiento	V/r Parcial	
Sub-Total						-
Prestaciones Sociales: %						-
Herramienta menor:						-
<b>Sub-total Mano de Obra:</b>						-
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>2,003</b>
<b>4- COSTOS INDIRECTOS</b>						
Descripcion		%Costo Directo		V/r Parcial		
A.I.U.		0%		-		
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>						-
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>						<b>2,003</b>

<b>INVERSIONES LA FONTANA LTDA</b>		<b>Análisis de Precios Unitarios</b>			Hoja	
					Fecha	SEPT-2005
OBRA: CACIQUE IPANÁ						
ITEM: REFUERZO EN MALLA ELECTROSOLDADA					Unidad:	KG
<b>1- EQUIPO</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Tarifa Horaria</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>		
<b>Sub-total Equipos:</b>						-
<b>2- MATERIALES EN LA OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% Desp.</b>	<b>V/r Unitario</b>	<b>V/r Parcial</b>
240	MALLA ELECTROSOLDADA	KG	1	5%	2,100.0	2,205.0
245	ALAMBRE NEGRO	KG	0.04	5%	2,320.0	97.4
<b>Sub-total Materiales:</b>						<b>2,302</b>
<b>3- MANO DE OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>V/r Jornal o Subct.</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>	
<b>Sub-Total</b>						-
<b>Prestaciones Sociales: %</b>						-
					Herramienta menor:	-
					<b>Sub-total Mano de Obra:</b>	-
					<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>2,302</b>
<b>4- COSTOS INDIRECTOS</b>						
	<b>Descripcion</b>	<b>% Costo Directo</b>	<b>V/r Parcial</b>			
	A.I.U.	0%		-		
					<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	-
					<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>	<b>2,302</b>



<b>INVERSIONES LA FONTANA LTDA</b>		<b>Análisis de Precios Unitarios</b>			Hoja	
					Fecha	SEPT-2005
OBRA: CACIQUE IPANÁ						
ITEM:	PLACA TIPO TUNEL EN CONCRETO E=,10				Unidad:	M2
<b>1- EQUIPO</b>						
Cd.	Descripcion	Tarifa Horaria	Rendimiento	V/r Parcial		
2502	VIBRADOR	6,000.0	0.20	1,200.0		
<b>Sub-total Equipos:</b>						<b>1,200.0</b>
<b>2- MATERIALES EN LA OBRA</b>						
Cd.	Descripcion	Und	Cantidad	% Desp.	V/r Unitario	V/r Parcial
207	CONCR. SIST. INDUST. 3000 PSI	MB	0.1	5%	190,000.0	19,950.0
609	FORMALETA TIPO CONTECH	M2	1		3,300.0	3,300.0
520	ACPM	GL	0.02	5%	6,000.0	126.0
<b>Sub-total Materiales:</b>						<b>23,376.0</b>
<b>3- MANO DE OBRA</b>						
Cd.	Descripcion	Und	V/r Jornal o Subct.	Rendimiento	V/r Parcial	
3617	PLACA TUNEL CONCRETO REF.	M2	7,000.0	1	7,000.0	
3015	COM.S. TOPOGRAFIA (Con equipo)	DIA	121,550.0	0.01	1,215.5	
Sub-Total						8,215.5
Prestaciones Sociales: %						-
Herramienta menor:						410.8
<b>Sub-total Mano de Obra:</b>						<b>8,626.3</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>33,202.3</b>
<b>4- COSTOS INDIRECTOS</b>						
Descripcion		%Costo Directo		V/r Parcial		
A.I.U.		0%		-		
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>						<b>-</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>						<b>33,202.3</b>



<b>INVERSIONES LA FONTANA LTDA</b>		<b>Análisis de Precios Unitarios</b>			Hoja	
					Fecha	SEPT-2005
OBRA: CACIQUE IPANÁ						
ITEM:	PLACA TIPO TUNEL EN CONCRETO E=,15				Unidad:	M2
<b>1- EQUIPO</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Tarifa Hbraria</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>		
2802	VIBRADOR	6,000.0	0.40	2,400.0		
<b>Sub-total Equipos:</b>						<b>2,400.0</b>
<b>2- MATERIALES EN LA OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% Desp</b>	<b>V/r Unitario</b>	<b>V/r Parcial</b>
207	CONCR. SIST. INDUST. 3000 PSI	M3	0.15	5%	190,000.0	29,925.0
609	FORMALETA TIPO CONTECH	M2	1		3,300.0	3,300.0
520	ACPM	GL.	0.02	5%	6,000.0	126.0
<b>Sub-total Materiales:</b>						<b>33,351.0</b>
<b>3- MANO DE OBRA</b>						
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>V/r Jornal o Subct.</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>	
3617	PLACA TUNEL CONCRETO REF.	M2	7,000.0	1	7,000.0	
3015	COMS. TOPOGRAFIA (Con equipo)	DIA	121,550.0	0.01	1,215.5	
Sub-Total						8,215.5
Prestaciones Sociales: %						-
Herramienta menor:						410.8
<b>Sub-total Mano de Obra:</b>						<b>8,626.3</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>44,377.3</b>
<b>4- COSTOS INDIRECTOS</b>						
	<b>Descripcion</b>	<b>% Costo Directo</b>	<b>V/r Parcial</b>			
	A.I.U.	0%	-			
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>						<b>-</b>
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>						<b>44,377.3</b>

<b>INVERSIONES LA FONTANA LTDA</b>		<b>Análisis de Precios Unitarios</b>				Hija	
						Fecha	SEPT-2005
OBRA: CACIQUE IPANÁ							
ITEM	PANTALLAS EN CONCRETO E=15					Unidad	M2
<b>1- EQUIPO</b>							
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Tarifa Hbraria</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>			
202	VIBRADOR	6,000.0	0.30	1,800.0			
<b>Sub-total Equipos:</b>						<b>1,800.0</b>	
<b>2- MATERIALES EN LA OBRA</b>							
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>% Desp</b>	<b>V/r Unitario</b>	<b>V/r Parcial</b>	
207	CONCR SIST. INDUST. 3000 PSI	M3	0.15	5%	190,000.0	29,925.0	
609	FORVALETA TIPO CONTECH	M2	2		3,300.0	6,600.0	
520	ACPM	GL	0.02		6,000.0	120.0	
<b>Sub-total Materiales:</b>						<b>36,645.0</b>	
<b>3- MANO DE OBRA</b>							
<b>Cd.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Und</b>	<b>V/r Jornal o Subct.</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>V/r Parcial</b>		
3616	MURO TUNEL CONCRETO REF.	M2	8,500.0	1.1	9,350.0		
<b>Sub-Total</b>						<b>9,350.0</b>	
Prestaciones Sociales %						-	
Herramienta men:						467.5	
<b>Sub-total Mano de Obra:</b>						<b>9,817.5</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>48,262.5</b>	
<b>4- COSTOS INDIRECTOS</b>							
<b>Descripcion</b>		<b>%Costo Directo</b>	<b>V/r Parcial</b>				
A.I.U.		0%	-				
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>						<b>-</b>	
<b>PRECIO UNITARIO TOTAL</b>						<b>48,262.5</b>	