



Max Ojeda Gomez  
Nit. 19.326.253-6

Bogotá D.C., 9 de octubre de 2018

MOG 33/C°08-2018

Ingeniero

**EDGAR RENÉ MUÑOZ DÍAZ**

Subgerente de desarrollo de proyectos  
Empresa de Renovación Urbana - ERU  
Autopista Norte # 97 - 70 Pisos 3 y 4.

Referencia: Contrato de Consultoría N°. 08 de 2018-Batallón de Reclutamiento.

**Asunto: Estudio de vulnerabilidad sísmica.**

Cordialmente hacemos entrega del estudio de vulnerabilidad sísmica con las respectivas observaciones.

Anexo se encuentra:

- Informe
- CD

Numero de folios: 83

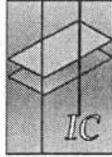
Agradecemos su amable atención.

Atentamente,



No: 2018420088762 Folios: 1 Anexos: 84  
Fecha: 10/10/2018 10:51am Cód veri: 06b38  
Remitente: MAX OJEDA GOMEZ

**Diana Álvarez Obregón**  
Arquitecta



**CONSULTEC S.A.S.**  
INGENIEROS CONSULTORES

CÁLCULOS ESTRUCTURALES - CONSULTORÍA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES

# **ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA BATALLON DE RECLUTAMIENTO**

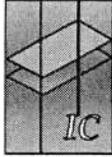
**INFORME**



**SEPTIEMBRE DE 2018**

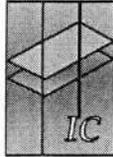
**ING. ENRIQUE CASTRILLÓN TRUJILLO**  
**ING. CIVIL - MAESTRO EN INGENIERÍA ESTRUCTURAS**  
**Mat. 25202 -19940 CUNDINAMARCA**

Calle 21 # 10-47 Oficina 205 Teléfonos: 335 9553 Cel 3136893001 Pereira Risaralda  
e-mail: estudios@consultecingeniería.com



Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. DESCRIPCION.....	4
3. ACTIVIDADES REALIZADAS.....	5
3.1 RECOPIACION DE INFORMACION EXISTENTE.....	5
3.2 ESTUDIO DE PATOLOGIA.....	5
3.3 ESTUDIO DE SUELOS.....	6
3.4 EVALUACION DE LA ESTRUCTURA EDIFICIO RECLUTAMIENTO.....	7
3.4.1 SISTEMA ESTRUCTURAL.....	7
3.4.2 SISTEMAS DE ENTREPISO.....	8
3.4.3 SISTEMA DE AMARRE ESTRUCTURAL.....	11
3.4.4 RESISTENCIA MATERIALES.....	12
4. MODELACION ESTRUCTURAL.....	14
4.1 MODELO 3D ESTRUCTURA.....	14
4.2 PLANTAS.....	15
4.3 CARGAS MUERTAS CONSIDERADAS.....	18
4.3.1 PLACA TIPO PISO 1.....	18
4.3.2 PLACA TIPO 1 PISO 2.....	18
4.3.3 PLACA TIPO 2 PISO 2.....	19
4.3.4 PLACA TIPO 3 PISO 2.....	19
4.3.5 PLACA TIPO 4 PISO 2.....	20
4.3.6 PLACA TIPO 5 PISO 2.....	20
4.3.7 PLACA TIPO DE TERRAZA.....	21
4.3.8 CUBIERTA.....	21
4.4 CARGAS VIVAS CONSIDERADAS.....	22
4.5 CARGAS DE GRANIZO.....	22
4.6 MATERIALES.....	23
4.6.1 MAMPOSTERIA.....	23
4.6.2 CONCRETO.....	25
4.7 ESPECTROS DE DISEÑO.....	26
4.8 COEFICIENTE DE RESPUESTA R.....	29
4.9 FUERZA SISMICA DE DISEÑO.....	30

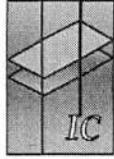


**CONSULTEC S.A.S.**  
INGENIEROS CONSULTORES

---

**CÁLCULOS ESTRUCTURALES - CONSULTORÍA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES**

4.10	MODOS DE VIBRACION PRINCIPALES .....	31
5.	ANALISIS DE RESULTADOS.....	33
5.1	INDICE DE FLEXIBILIDAD.....	36
5.2	RELACION DEMANDA CAPACIDAD MUROS .....	38
5.3	RELACION DEMANDA CAPACIDAD CIMENTACION.....	40
6.	EDIFICIO ANTIGUA MORGUE.....	45
6.1	EVALUACION ESTRUCTURA EDIFICO MORGUE.....	46
6.1.1	SISTEMA ESTRUCTURAL.....	46
6.1.2	SISTEMAS DE ENTREPISO.....	46
6.1.3	RESISTENCIA MATERIALES.....	47
6.1.4	CARGAS MUERTAS CONSIDERADAS .....	47
6.1.5	CUBIERTA .....	48
6.1.6	CARGAS VIVAS CONSIDERADAS.....	48
6.1.7	CARGAS DE GRANIZO.....	48
6.2	COEFICIENTE DE RESPUESTA R .....	48
6.3	FUERZA SISMICA DE DISEÑO .....	49
6.4	INDICE DE FLEXIBILIDAD.....	52
6.5	RELACION DEMANDA CAPACIDAD MUROS .....	54
6.6	RELACION DEMANDA CAPACIDAD CIMENTACION.....	56
7.	CONCLUSIONES EDIFICIO BATALLON .....	59
8.	CONCLUSIONES EDIFICIO FLAUTA.....	60
9.	PROPUESTA DE REFORZAMIENTO .....	61
9.1	REFORZAMIENTO CIMENTACION.....	61
9.2	REFORZAMIENTO MUROS DE MAMPOSTERIA.....	62
9.2.1	PROPUESTA 1 .....	62
9.2.2	PROPUESTA 2.....	63
9.3	RIGIDIZACION A NIVEL DE CUBIERTA.....	65
9.4	REFORZAMIENTO PARA ESTRUCTURA EDIFICIO FLAUTA.....	66



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe se enfoca en la evaluación estructural preliminar de **EDIFICIO DE RECLUTAMIENTO Y DE LA ANTIGUA MORGUE – SECTOR SAN VICTORINO – BOGOTÁ D.C.**, con base a las diferentes visitas realizadas al sitio y al estudio de patología realizado por la firma Concreto PFe.

## 2. DESCRIPCION

El edificio se encuentra ubicado en la av. Caracas entre calles 10 y 9 en la ciudad de Bogotá, es una edificación de 3 pisos de altura en sistema estructural de muros de mampostería de carga con espesores de muros variables.

La edificación tiene una antigüedad de aproximadamente de 80 años, y ha tenido varias modificaciones a lo largo de los años.

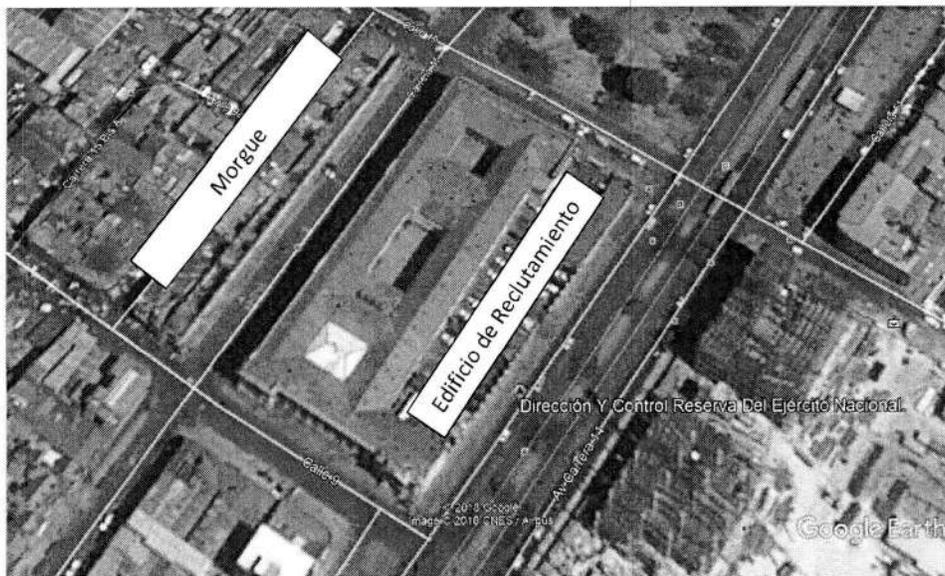


Imagen Edificación objeto de estudio



### 3. ACTIVIDADES REALIZADAS

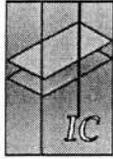
#### 3.1 RECOPIACION DE INFORMACION EXISTENTE

Dentro de la información existente se tienen planos de levantamiento arquitectónico, no se cuentan con planos de información estructural que indiquen sistema de entrepiso que como se verá más adelante y de acuerdo a lo encontrado en estudio patológico el edificio cuenta con varios sistema de entrepiso.

#### 3.2 ESTUDIO DE PATOLOGIA

El estudio de patología fue realizado por la empresa CONCRETOS PFE LTDA. A cargo del ingeniero Pablo Felipe Estrada, quien bajo un plan de trabajo realizo diferentes ensayos e inspecciones a la estructura, entre lo más relevante se encuentra:

ENSAYO	CANTIDAD	COMENTARIOS
Mapeo de columnas, pantallas y placas	5	Mapeos y marcación de zonas de exploración, perforación, apiques y toma de núcleos.
Apiques	10	En columnas, pantallas y placas
Resanes	15	En columnas, pantallas, placas y vigas
Toma de datos de acero de refuerzo	4	En las vigas y placas
Ultrasonido	2	En columna y pantalla
Carbonataciones	2	En vigas aéreas bajo placa
Toma de núcleos	4	En placa y viga
Seguimiento fotográfico	295	Fotos totales sin editar
Toma de ladrillos	6	En sótano y en muro de la morgue
Caracterizaciones de placas de entrepiso	4	Descripción de tres tipos de placa en el edificio de reclutamiento y de un tipo de placa en el edificio de la morgue.

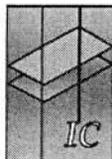


**3.3 ESTUDIO DE SUELOS**

Estudio de suelos realizado por el Ing. Luis Fernando Orozco, donde se realizaron 4 sondeos y apiques para determinar el tipo de cimentación existente así como la resistencia del suelo.

De acuerdo a los resultados obtenidos se obtuvo una resistencia del suelo de 7.5 ton/m<sup>2</sup> para elementos nuevos de reforzamiento en caso de requerirse, esta capacidad se puede calificar como media a baja, y es acorde a los suelos de la zona.

Para elementos existentes se puede tomar una resistencia de 12.5 ton/m<sup>2</sup> dado que los asentamientos que pudieran presentar ya ocurrieron.



**3.4 EVALUACION DE LA ESTRUCTURA EDIFICIO RECLUTAMIENTO**

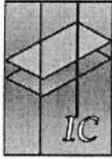
**3.4.1 SISTEMA ESTRUCTURAL**

Después de revisada la información existente y los diferentes apiques realizados se encontró que el sistema principal de resistencia de la edificación está compuesto por muros de mampostería de gran espesor y columnas en este caso también de mampostería, ni para muros ni columnas se encontró acero de refuerzo.

De acuerdo a la NSR-10 norma de construcción sismo resistente colombiana, este sistema estructural se clasifica como sistema de muros de mampostería no reforzada.

**Tabla A.3-1**  
Sistema estructural de muros de carga (Nota 1)

A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA		Valor $R_0$ (Nota 2)	Valor $\Omega_0$ (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			alta		intermedia		Baja	
		uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	Altura máx.		
i. Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)	el mismo	1.0	2.5	no se permite	no se permite	Grupo I (Nota 3)	2 pisos		

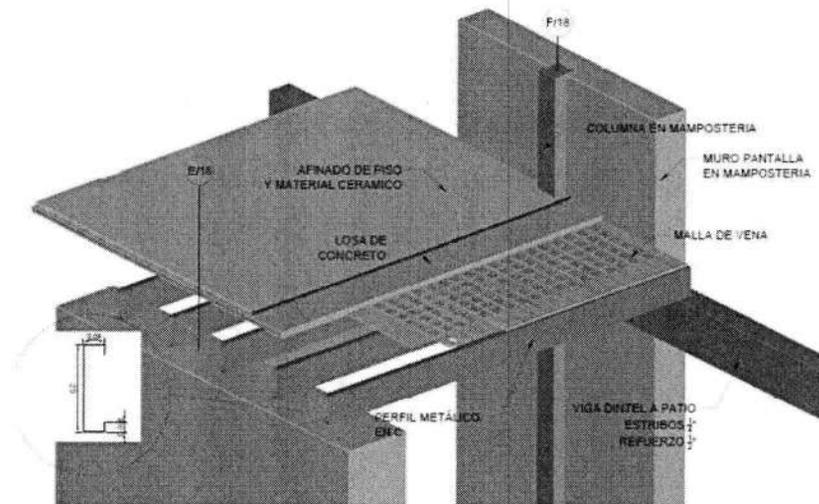


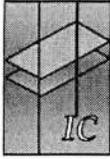
### 3.4.2 SISTEMAS DE ENTREPISO

Los sistemas de entrepiso encontrados son muy variable en la edificación ya que se encontraron entrepisos con viguetas metálicas que hace pensar que la edificación fue objeto de reformas posteriores a su construcción, también se encontraron pisos con viguetas en madera y losa de concreto y entrepisos con viguetas en madera y tablilla.

En general los entrepisos presentan buena distribución de cargas y no se evidencian discontinuidades ni irregularidades estructurales.

Entrepiso 1.



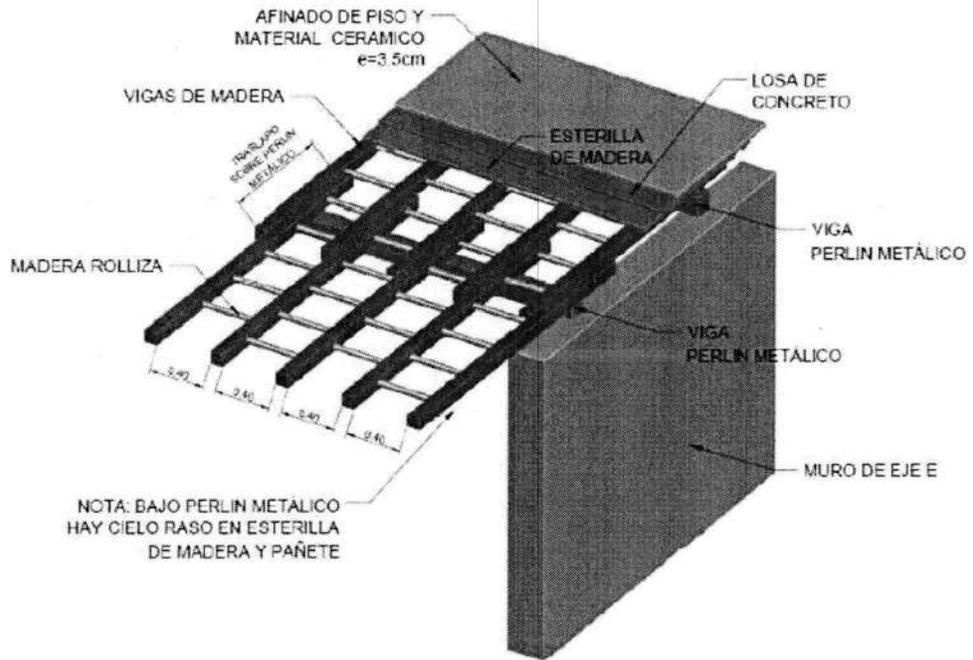


# CONSULTEC S.A.S.

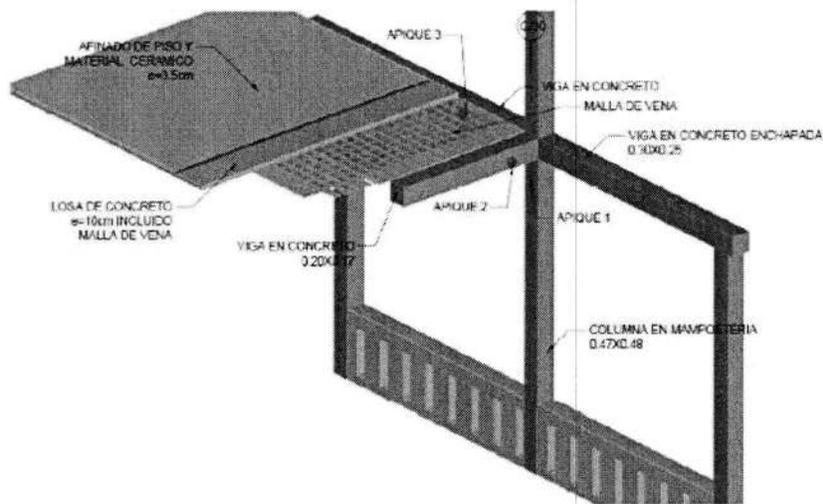
INGENIEROS CONSULTORES

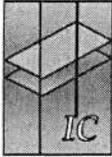
CÁLCULOS ESTRUCTURALES - CONSULTORÍA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES

## Entrepiso 2.

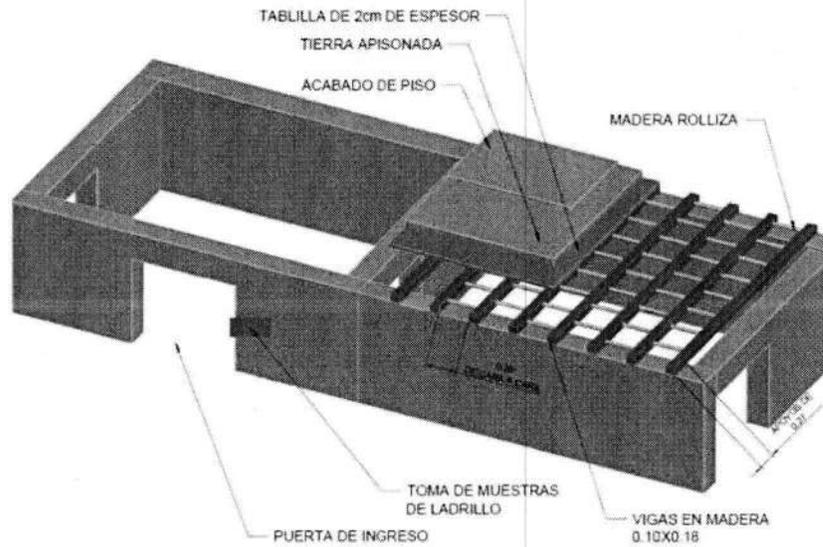


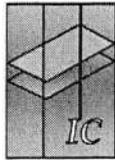
## Entrepiso 3.





Entrepiso 4.

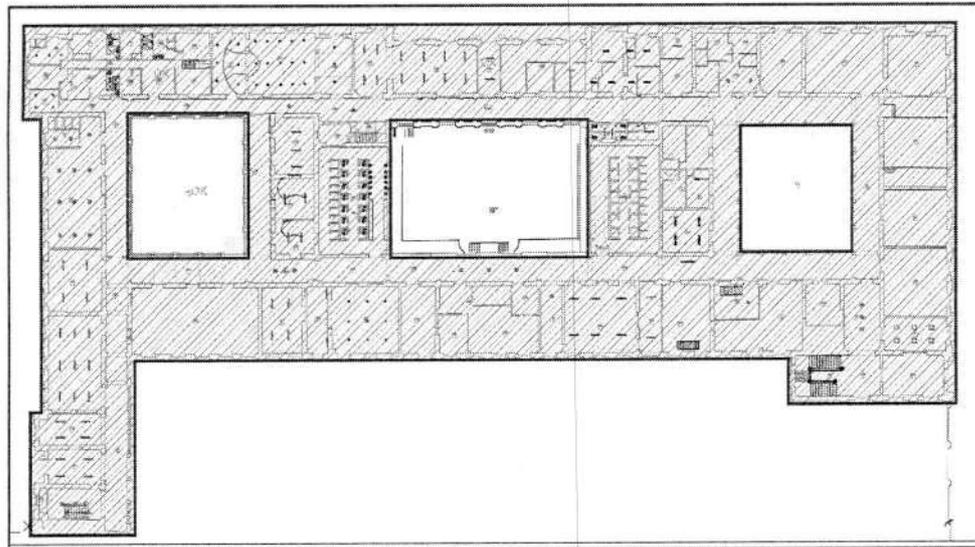




### 3.4.3 SISTEMA DE AMARRE ESTRUCTURAL

Se encontraron en las exploraciones realizadas que las viguetas metálicas o de madera estaban apoyadas sobre vigas de concreto que a su vez apoyan en los muros y columnas de mampostería, lo anterior garantiza que se puede conformar un diafragma que se puede clasificar entre semirrígido y rígido que garantiza que las fuerzas en el plano se puedan distribuir a los diferentes elementos de soporte estructural.

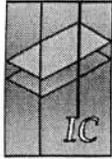
Se deberá verificar si esto se cumple en toda el área estructural



Planta Primer Piso.

El área achurada representa el diafragma estructural conformado por los distintos entrepisos y vigas de concreto.

Igualmente se observa una buena densidad de muros de carga.



### 3.4.4 RESISTENCIA MATERIALES

De acuerdo a los ensayos de patología se obtuvieron los siguientes resultados:

#### CONCRETOS

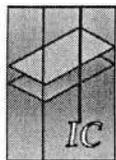
Exploraciones estudio de patología de julio 17 de 2018

ELEMENTO	F'c PROMEDIO	COMENTARIOS
Viga en el punto 2 del plan de trabajo	80.2 kg/cm <sup>2</sup>	Núcleos de matriz morteruda y falla por baja adherencia entre la pasta y el agregado grueso.
Placa en el punto 5 del plan de trabajo	328 kg/cm <sup>2</sup>	Núcleos de matriz morteruda y variación amplia en los resultados obtenidos

Exploraciones estudio de patología de agosto 31 de 2018

ELEMENTO	F'c PROMEDIO	COMENTARIOS
Punto P1, placa piso 1	310 kg/cm <sup>2</sup> .	Núcleos de matriz morteruda y falla por baja adherencia entre la pasta y el agregado grueso. Ampla variación de resistencias.
Punto P2, placa piso 1	246 kg/cm <sup>2</sup> .	Núcleos de matriz morteruda y falla por baja adherencia entre la pasta y el agregado grueso. Ampla variación de resistencias.
Punto P3, placa piso 2	368 kg/cm <sup>2</sup> .	Núcleos de matriz morteruda y falla por baja adherencia entre la pasta y el agregado grueso. Variación de resistencias del 50% entre núcleos.
Punto P4, placa piso 2	211 kg/cm <sup>2</sup> .	Núcleos de matriz morteruda y falla por baja adherencia entre la pasta y el agregado grueso. Variación de resistencias del 90% entre núcleos.
Punto P5, placa piso 2	329 kg/cm <sup>2</sup> .	Núcleos de matriz morteruda y falla por baja adherencia entre la pasta y el agregado grueso. Variación de resistencias del 31% entre núcleos.
Punto P6, placa piso 2	164 kg/cm <sup>2</sup> .	Núcleos de matriz morteruda y falla por baja adherencia entre la pasta y el agregado grueso. Variación de resistencias del 16% entre núcleos.

Las resistencias obtenidas son muy variables dado que se tiene valores extremos, y haciendo un promedio que obtendría una resistencia cercana a los 21 Mpa que para este tipo de estructura se podría clasificar como buena, pero se deberán realizar ensayos adicionales dado la variación de los resultados.



**CONSULTEC S.A.S.**  
INGENIEROS CONSULTORES

CÁLCULOS ESTRUCTURALES - CONSULTORÍA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES

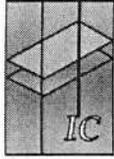
MAMPOSTERÍA

MUESTRA	ABSORCIÓN Y DENSIDAD (promedio)	RESISTENCIA (promedio)	COMENTARIOS
Edificio de reclutamiento, punto P-1 del plan de trabajo	10.3 % 1882 kg/m <sup>3</sup>	307 kg/cm <sup>2</sup>	Ladrillos con absorción baja y buena densidad, con resistencia promedio muy satisfactoria para este tipo de mampuestos en arcilla

Las resistencias obtenidas para la mampostería se pueden considerar para una estructura de más de 80 años como excelente y comparable con resistencias de la mampostería estructural que se produce en la actualidad.

ACERO

El acero encontrado en los elementos de concreto como era de esperarse corresponde un acero liso cuya resistencia es de 2500 kg/cm<sup>2</sup>.

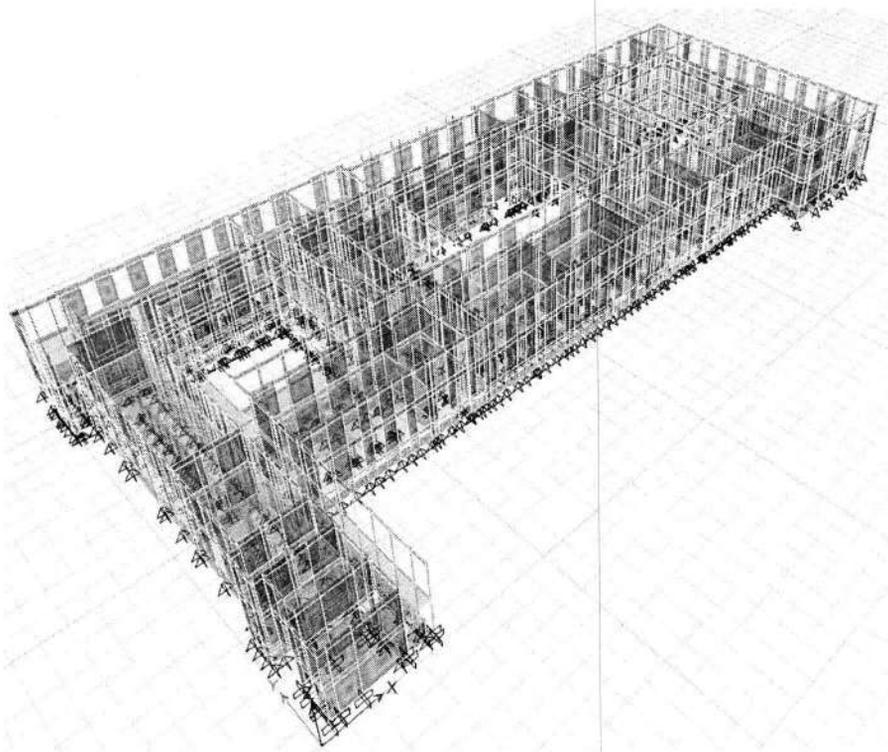


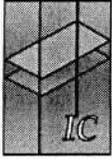
#### 4. MODELACION ESTRUCTURAL

##### 4.1 MODELO 3D ESTRUCTURA

A partir de las plantas arquitectónicas existentes se generó la estructura de muros de la edificación, se realizó un modelo analítico basado en elementos finitos en el programa de Análisis y Diseño ETABS 2016. Los muros se trabajaron con elementos tipo Shell y para las placas se usaron elementos tipo membrana que solo se utilizan para la distribución de carga a los muros.

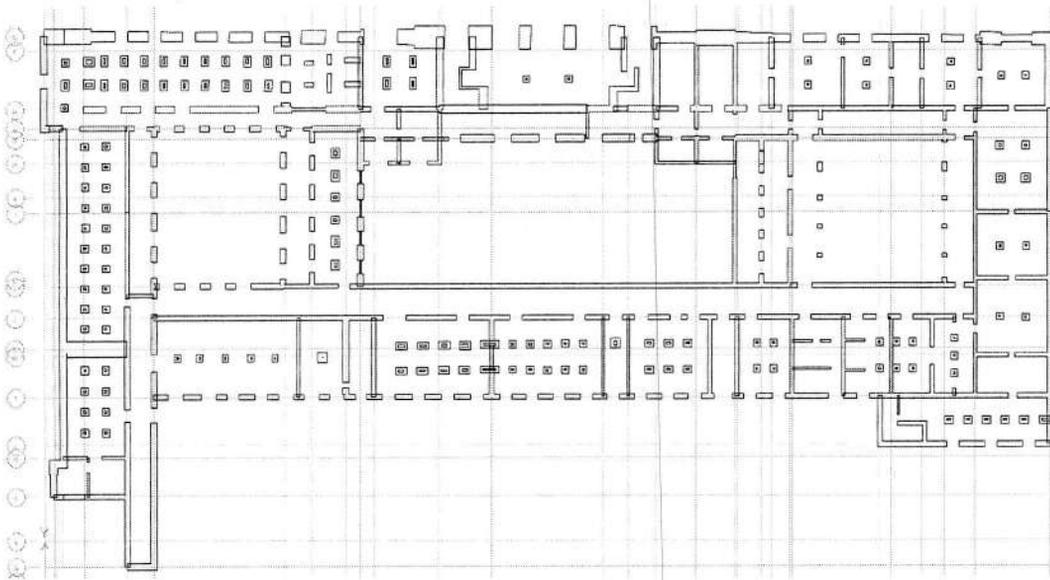
Modelo Tridimensional en ETABS

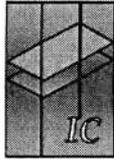




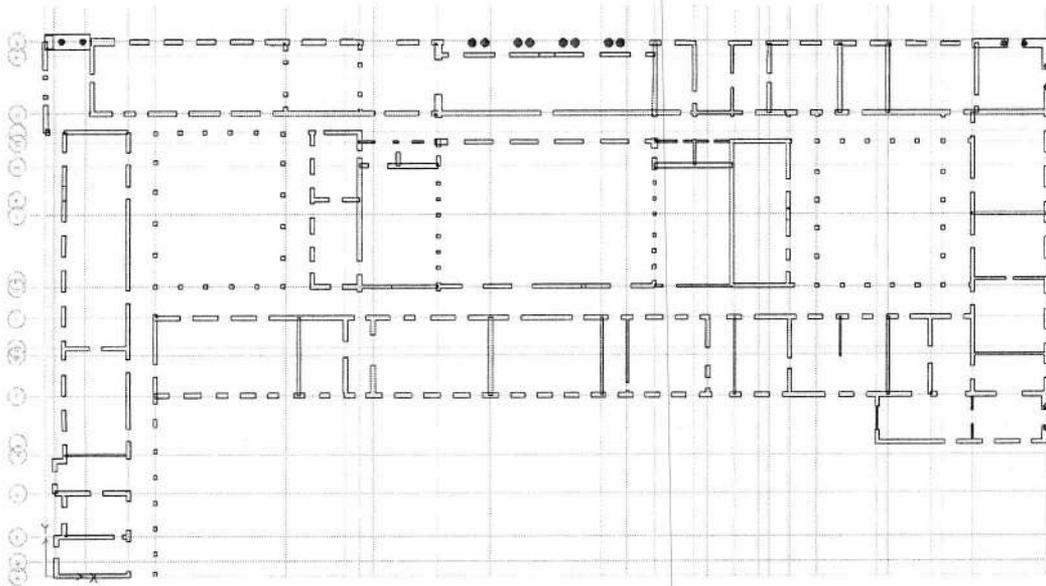
4.2 PLANTAS

Planta Muros Sótano



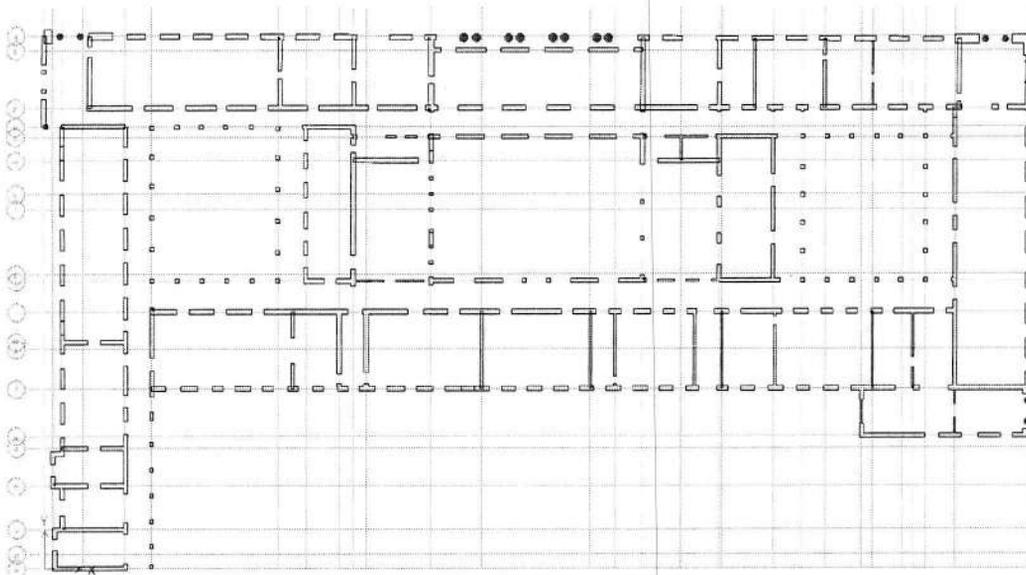


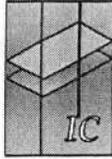
Planta Muros Piso 1





Planta Muros Piso 2



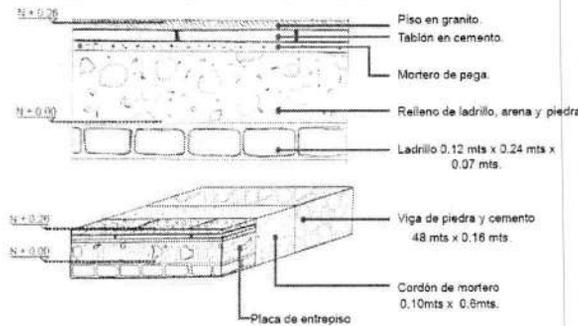


**CÁLCULOS ESTRUCTURALES - CONSULTORÍA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES**

**4.3 CARGAS MUERTAS CONSIDERADAS**

De acuerdo a las exploraciones realizadas se encontraron en la edificación un variedad de placas de entrepiso las cuales se mencionan a continuación y se hace un avalúo de cargas aproximado, estas cargas presentadas son aproximadas en lo posible a la realidad y pueden presentarse variaciones dado la complejidad de la estructura.

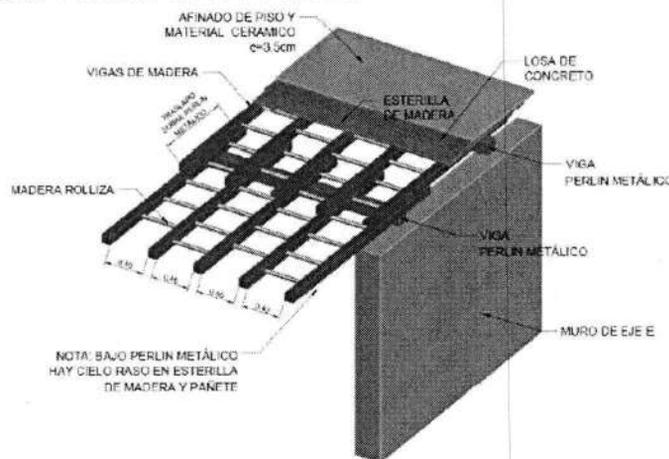
**4.3.1 PLACA TIPO PISO 1**

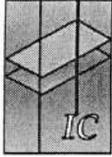


Exploración tipo piso de 0.25 mts x 0.69 mts y 0.275 de profundidad, ubicada en el costado oriental del edificio sobre parte de la circulación principal. El entrepiso cuenta con vigas en piedra y cemento de 0.40 mts x 0.16 mts adyacentes al patio, esta viga colinda con un cordón en mortero de 0.10 mts x 0.8 mts. Seguido se encuentra el entrepiso que cuenta con los siguientes materiales: piso en granito de 0.015 mts con dilatador en bronce, tablón en cemento de 0.02 mts, mortero de pega de 0.04 mts y relleno de ladrillo, arena y piedra 0.19 mts de profundidad. Cabe resaltar que el entrepiso termina en los arcos correspondientes a la circulación principal del sótano, estos arcos están conformados por una clave de concreto de 43 cms de alto, dovelas y columnetas en ladrillos de 0.12 x 0.24 x 0.07 mts.

Piso en granito e = 1.5cm = 2600 kg/m <sup>3</sup> x 0.015m	= 39 kg/m <sup>2</sup>
Tablón en cemento e = 2.0cm = 1440 kg/m <sup>3</sup> x 0.02m	= 29 kg/m <sup>2</sup>
Mortero de Pega e = 4.0cm = 2200 kg/m <sup>3</sup> x 0.04m	= 88 kg/m <sup>2</sup>
Relleno en ladrillo e = 19.0cm = 1850 kg/m <sup>3</sup> x 0.19m	= 352 kg/m <sup>2</sup>
Ladrillo e = 7.0cm = 1850 kg/m <sup>3</sup> x 0.07m	= 130 kg/m <sup>2</sup>
	<b><u>CMT = 650 kg/m<sup>2</sup></u></b>

**4.3.2 PLACA TIPO 1 PISO 2**

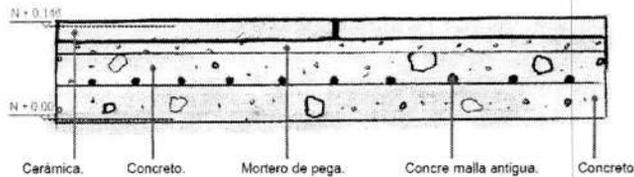




**CÁLCULOS ESTRUCTURALES - CONSULTORÍA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES**

Cerámica + Pegacor + Tablon de Cemento + mortero	= 120 kg/m <sup>2</sup>
Losa Maciza e = 10.0cm = 2400 kg/m <sup>3</sup> x 0.10m	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Vigas de madera 15x15cm@0.50m = 0.15x0.15x750kg/m <sup>3</sup> /0.50	= 35 kg/m <sup>2</sup>
Esterilla e =	= 10 kg/m <sup>2</sup>
Pañete	= 30 kg/m <sup>2</sup>
	<b><u>CMT = 435 kg/m<sup>2</sup></u></b>

### 4.3.3 PLACA TIPO 2 PISO 2

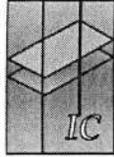


Exploración tipo piso ubicada en el costado oriental del edificio, sobre parte de la circulación principal. Los materiales del entrepiso se dividen en los siguientes: acabado de piso en cerámica de 0.005 mts, mortero de pega 0.0045 mts, placa de concreto de 0.145, concre malla antigua de 0.002 mts. Esto quiere decir que el entrepiso en su totalidad tiene 0.146 mts de profundidad.

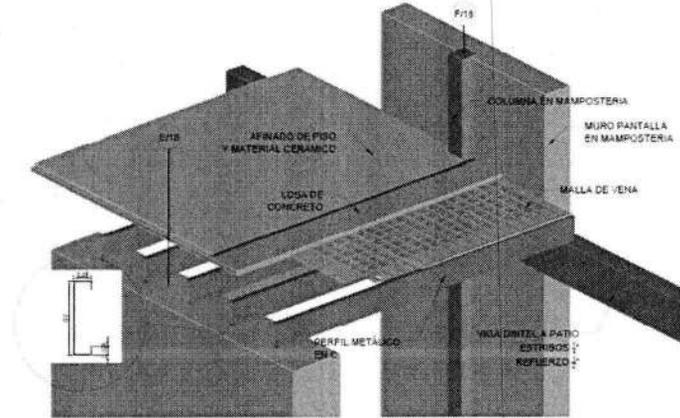
Ceramica + Mortero	= 80 kg/m <sup>2</sup>
Concreto e = 0.145m = 2400 kg/m <sup>3</sup> x 0.145m	= 348 kg/m <sup>2</sup>
	<b><u>CMT = 430 kg/m<sup>2</sup></u></b>

### 4.3.4 PLACA TIPO 3 PISO 2

Cerámica + Mortero	= 150 kg/m <sup>2</sup>
Losa Maciza e = 10.0cm = 2400 kg/m <sup>3</sup> x 0.10m	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Malla de vena	= 10 kg/m <sup>2</sup>
	<b><u>CMT = 400 kg/m<sup>2</sup></u></b>

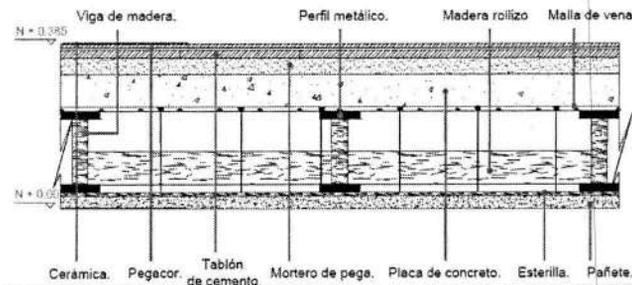


4.3.5 PLACA TIPO 4 PISO 2



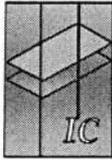
Cerámica + Mortero	= 150 kg/m <sup>2</sup>
Losa Maciza e = 10.0cm = 2400 kg/m <sup>3</sup> x 0.10m	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Malla de vena =	= 10 kg/m <sup>2</sup>
Perfil Metálico =	= 15 kg/m <sup>2</sup>
<b>CMT = 415 kg/m<sup>2</sup></b>	

4.3.6 PLACA TIPO 5 PISO 2

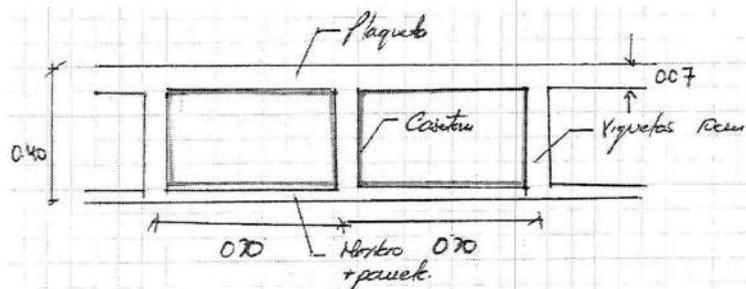


Exploración tipo piso ubicada en el costado oriental del patio norte del edificio. Este entrepiso está conformado por los siguientes materiales: acabado de piso en cerámica de 0.30mts x 0.30mts x 0.01mts, pegacor 0.005mts, tablón de cemento 0.02mts, mortero de pega 0.04mts, placa de concreto 0.09mts, malla de vena con venas cada 0.10mts, perfil metálico de 0.10mts x 0.02mts que sostiene la viga en madera de 0.04mts x 0.16mts, el perfil metálico se encuentra en la parte superior y posterior de la viga. Y Por último se encuentra la esterilla de 0.01mts y el pañete de 0.03mts.

Tablón + Cerámica + Mortero	= 150 kg/m <sup>2</sup>
Losa Maciza e = 10.0cm = 2400 kg/m <sup>3</sup> x 0.10m	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Perfil metálico @0.60= 0.10 x 0.02x7850 kg/m <sup>3</sup> x2/0.60	= 52 kg/m <sup>2</sup>
Viguetas de madera @0.60 = 0.04x0.16x750kg/m <sup>3</sup> /0.60m	= 8 kg/m <sup>2</sup>
Mortero + pañete + entramado de madera =	= 30 kg/m <sup>2</sup>
<b>CMT = 480 kg/m<sup>2</sup></b>	



### 4.3.7 PLACA TIPO DE TERRAZA

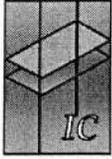


Plaqueta de e = 0.07m = 0.07 x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 168 kg/m <sup>2</sup>
Viguetas @ 0.70 = 0.10 x 0.33 x 2400 kg/m <sup>3</sup> / 0.70	= 114 kg/m <sup>2</sup>
Casetón =	= 30 kg/m <sup>2</sup>
Mortero + pañete 2cm = 0.02m x 2200 kg/m <sup>3</sup>	= 44 kg/m <sup>2</sup>
Acabados =	= 150 kg/m <sup>2</sup>
	<b><u>CMT = 510 kg/m<sup>2</sup></u></b>

### 4.3.8 CUBIERTA

Cubierta en Asbesto cemento + teja de barro	= 100 kg/m <sup>2</sup>
Cielo Raso	= 25 kg/m <sup>2</sup>
Estructura Metalica	= 25 kg/m <sup>2</sup>
	<b><u>CMT = 150 kg/m<sup>2</sup></u></b>

Para facilidad de modelación y análisis y dado que no se cuenta con el dato exacto de los entrepisos y en qué sectores se localizan, se asumió una carga de 450 kg/m<sup>2</sup> para el piso 2 en toda el área.

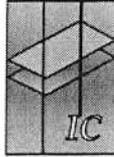


**4.4 CARGAS VIVAS CONSIDERADAS**

Oficinas y habitaciones Piso 1 y piso 2	= 200 kg/m <sup>2</sup>
Cubierta pendiente >15 grados	= 35 kg/m <sup>2</sup>
Corredores y escaleras	= 500 kg/m <sup>2</sup>

**4.5 CARGAS DE GRANIZO**

Cubierta pendiente >15 grados	= 50 kg/m <sup>2</sup>
-------------------------------	------------------------



## 4.6 MATERIALES

### 4.6.1 MAMPOSTERIA

A partir del estudio de patología donde se obtuvieron resultados de resistencia de la mampostería se determina la resistencia de los muros con la fórmula del título D la NSR-10.

$$f'm = 0.75Rm$$

$$Rm = \left[ \frac{2h}{75+3h} \right] f'cu + \left[ \frac{50kp}{75+3h} \right] f'cp \leq 0.8f'cu$$

$h$  = altura de la unidad de mampostería en mm = 100 mm (ladrillo macizo)

$f'cu$  = resistencia en la compresión de la unidad de mampostería = 20 Mpa  
(se tomó un valor conservador de 200 kg/cm<sup>2</sup>, aun cuando los resultados dieron resultados mucho mayores).

$Kp$  = 0.8 para mampostería de arcilla

$f'cp$  = Resistencia a la compresión del mortero = 12.5 Mpa mortero tipo S

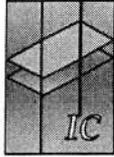
tabla D.3.1

$$Rm = \left[ \frac{2 \times 100 \text{ mm}}{75 + 3 \times 100 \text{ mm}} \right] 20 \text{ Mpa} + \left[ \frac{50 \times 0.8}{75 + 3 \times 100 \text{ mm}} \right] 12.5 \text{ Mpa} \leq 0.8 \times 20 \text{ Mpa}$$

$$Rm = 12 \text{ Mpa} \leq 16 \text{ Mpa}$$

$$f'm = 0.75 \times 12 \text{ Mpa}$$

$$f'm = 9 \text{ Mpa} = 90 \text{ kg / cm}^2$$



Módulo de Elasticidad

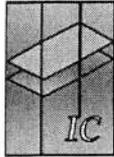
$$E_m = 750 f^m$$

$$E_m = 67500 \text{ kg / cm}^2$$

Material Mampostería

Material Property Data

General Data	
Material Name	Mampostería
Material Type	Other
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...
Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	0.00185 kgf/cm <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	0.000002 kgf·s <sup>2</sup> /cm <sup>4</sup>
Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	67500 kgf/cm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099 1/C
Shear Modulus, G	28125 kgf/cm <sup>2</sup>
Design Property Data	
Modify/Show Material Property Design Data...	
Advanced Material Property Data	
Nonlinear Material Data...	Material Damping Properties...
Time Dependent Properties...	



## 4.6.2 CONCRETO

En el estudio de patología se realizaron ensayos sobre el concreto para determinar su resistencia, se presentan valores muy variables, por lo cual se asumirá una resistencia del concreto 2500Psi de manera conservadora a la espera de nuevos ensayos.

### Material Concreto

Material Property Data

General Data

Material Name	2500Psi
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	 Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume	0.0024	kgf/cm <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	0.000002	kgf·s <sup>2</sup> /cm <sup>4</sup>

Mechanical Property Data

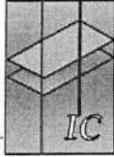
Modulus of Elasticity, E	199755	kgf/cm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio, U	0.2	
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099	1/C
Shear Modulus, G	83231.25	kgf/cm <sup>2</sup>

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

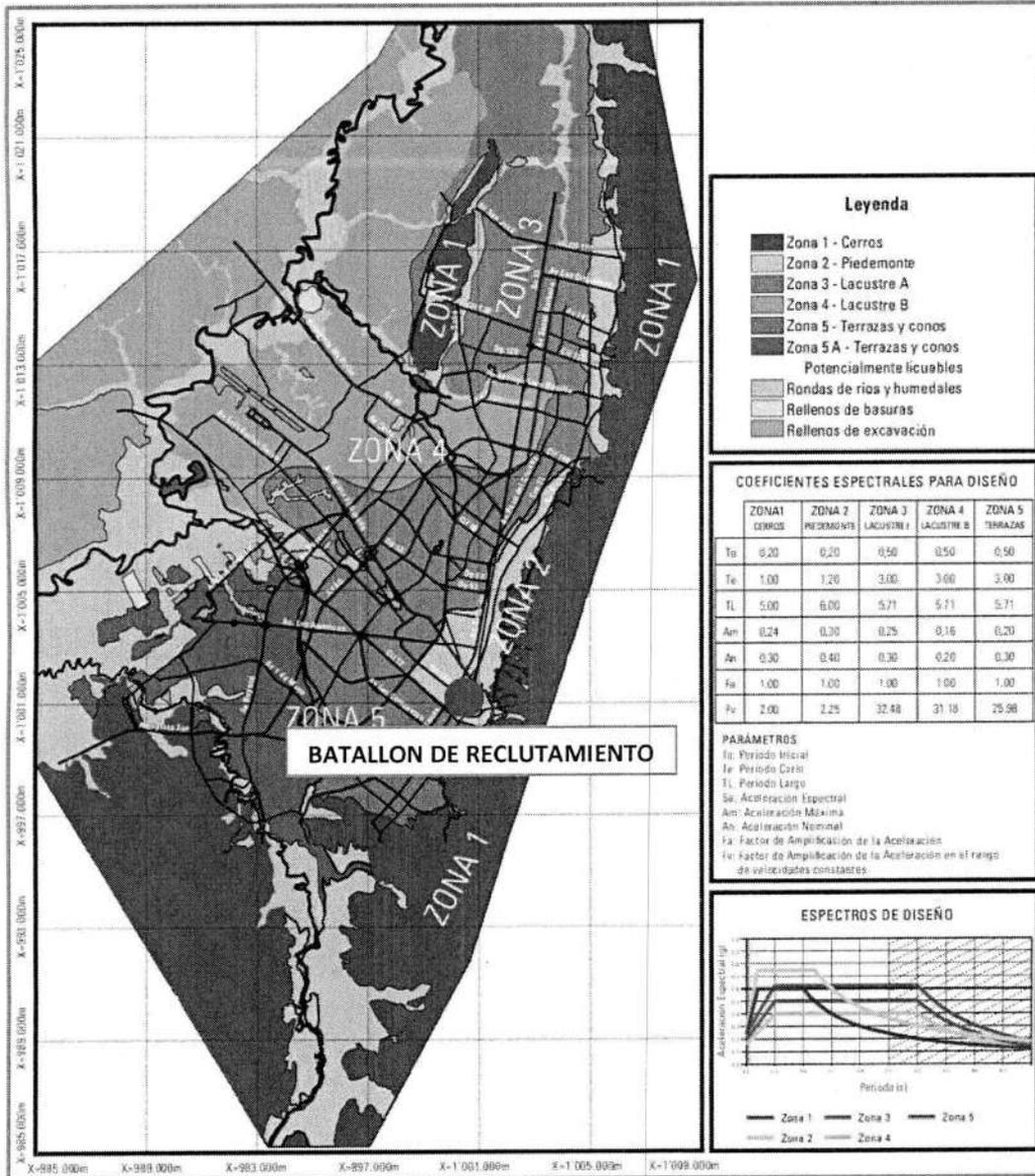
Nonlinear Material Data...      Material Damping Properties...  
Time Dependent Properties...

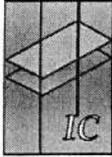


**4.7 ESPECTROS DE DISEÑO**

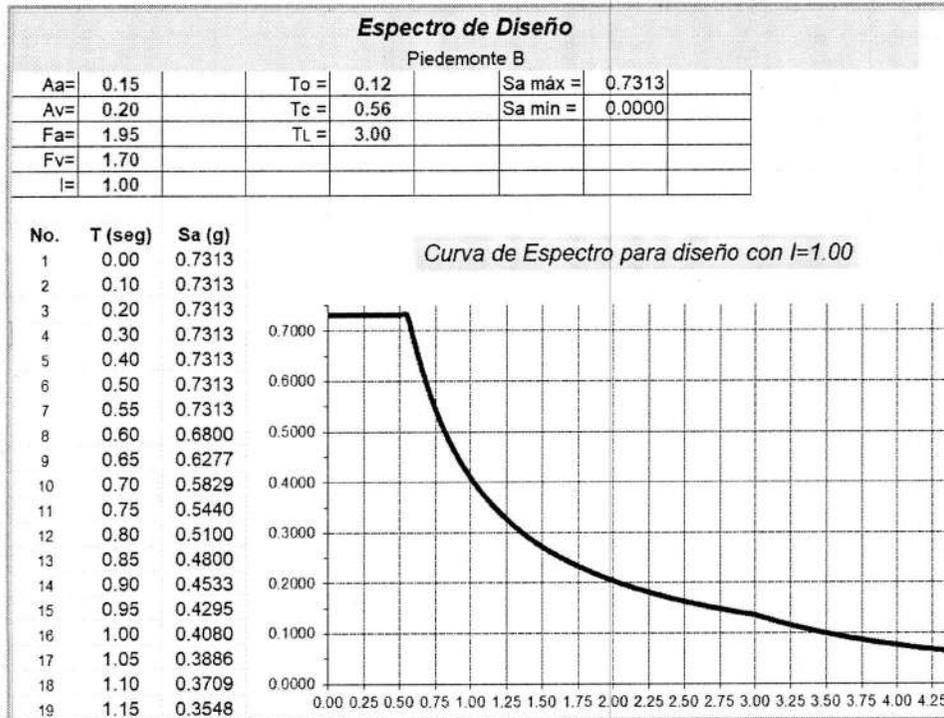
De acuerdo al informe del ingeniero de suelos y la microzonificación sísmica de Bogotá la edificación se encuentra en la zona de Piedemonte con el siguiente espectro de aceleraciones.

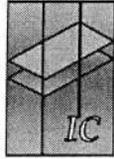
Mapa de Microzonificación Sísmica





Mapa de Microzonificación Sísmica





Espectro en Etabs

Function Name

Function Damping Ratio

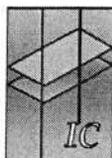
Defined Function

Period	Value
0	0.7313
0	0.7313
0.1	0.7313
0.2	0.7313
0.3	0.7313
0.4	0.7313
0.5	0.7313
0.55	0.7313

Add  
Modify  
Delete

Function Graph

Period	Value
0	720
0.1	720
0.2	720
0.3	720
0.4	720
0.5	720
0.55	720



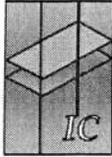
#### 4.8 COEFICIENTE DE RESPUESTA R

De acuerdo a la normativa vigente NSR\_10 el sistema estructural se clasifica como sistema de Muros de Mampostería NO Reforzada, sistema no permitido en la actualidad como sistema estructural para edificaciones nuevas en zonas de amenaza sísmica intermedia y alta.

Tabla A.3-1  
Sistema estructural de muros de carga (Nota 1)

A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA		Valor $R_0$ (Nota 2)	Valor $\Omega_0$ (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
				alta		intermedia		Baja	
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	Altura máx.
i. Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)	el mismo	1.0	2.5	no se permite		no se permite		Grupo I (Nota 3)	2 pisos

De acuerdo a lo anterior el sistema se le asigna un R de 1.00, lo cual quiere decir que no se cuenta con un sistema de disipación de energía.



4.9 FUERZA SISMICA DE DISEÑO

Resultado de Análisis Modal

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
		sec					
Modal	1	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Modal	2	0.226	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
---	---	---	---	---	---	---	---
Modal	699	0.024	0.00	0.00	0.00	0.89	0.90
Modal	700	0.024	0.00	0.00	0.00	0.89	0.90

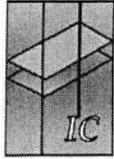
Periodos menores a 0.23 seg.

W=	22,834,022
Sa=	0.7313
I=	1.1
R=	1.0

Para  $T < a T_c$

$E = E \times Sa / R$	16,531,535
-----------------------	------------

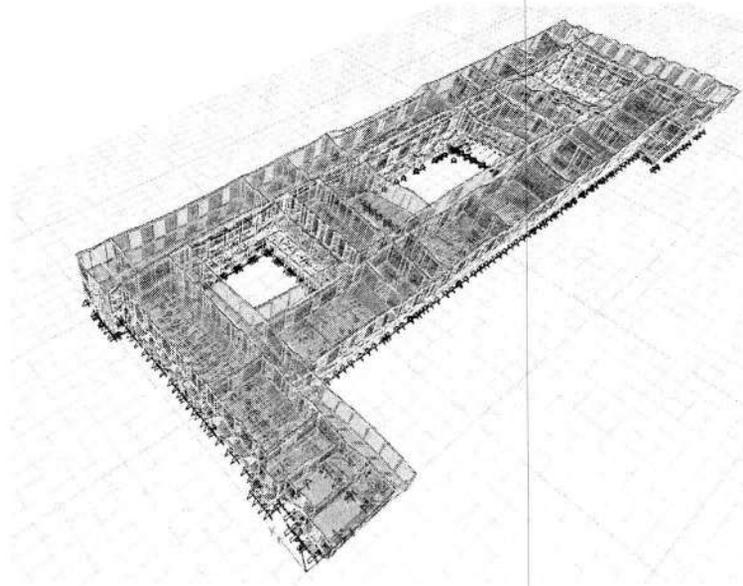
		Factores de Ajuste Espectro
Ex Etabs=	8,231,048	2.01
Ey Etabs=	8,620,275	1.92

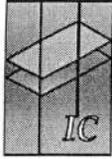


#### 4.10 MODOS DE VIBRACION PRINCIPALES

Los siguientes resultados corroboran que la edificación dada las condiciones donde se tienen muros de gran espesor y placas de entrepiso y bien conformadas, presenta una gran rigidez.

Modo 1 traslacional Dirección Y

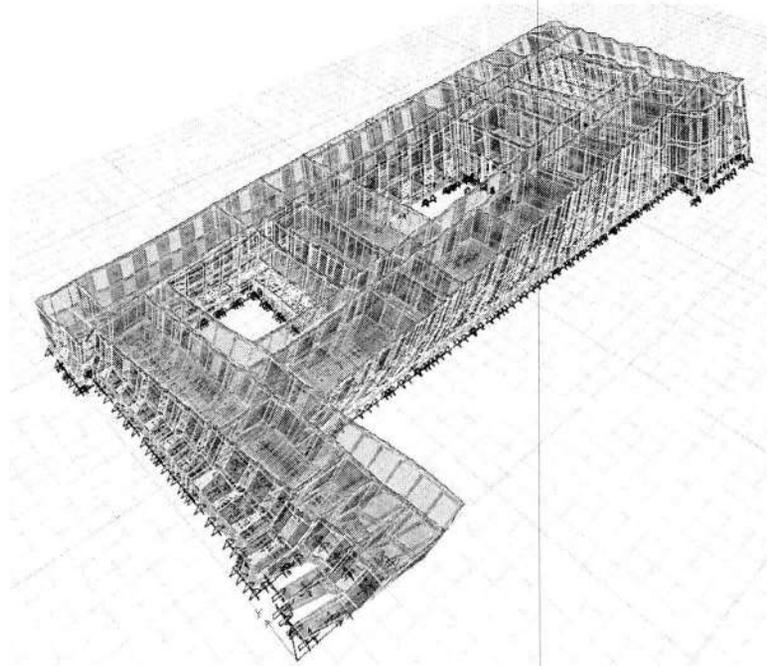




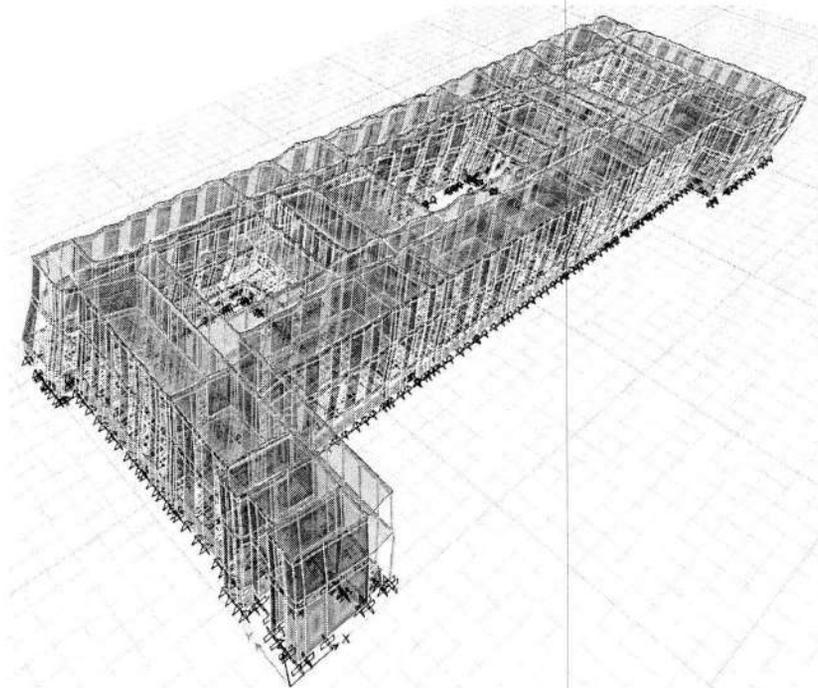
**CONSULTEC S.A.S.**  
INGENIEROS CONSULTORES

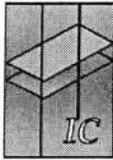
CÁLCULOS ESTRUCTURALES - CONSULTORÍA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES

Modo 2 Rotacional



Modo 3 traslacional Dirección X





## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

### A.10.4 — CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

**A.10.4.2 — SOLICITACIONES EQUIVALENTES** — Debe establecerse una equivalencia entre las solicitaciones que prescribe este Reglamento y las que la estructura está en capacidad de resistir en su estado actual. Al respecto se deben utilizar los siguientes criterios:

**A.10.4.2.1 — Movimientos sísmicos para un nivel de seguridad equivalente al de una edificación nueva** — Se deben utilizar los movimientos sísmicos de diseño que prescribe el Capítulo A.2 para el lugar en que se encuentre la edificación, para el Grupo de Uso que va a tener una vez se lleve a cabo la modificación, con el fin de analizar la estructura como si fuera una edificación nueva.

**A.10.4.2.2 — Movimientos sísmicos para un nivel de seguridad limitada** — Se deben utilizar los movimientos sísmicos de diseño que prescribe A.10.3 para el lugar en que se encuentre la edificación, para el Grupo de Uso que va a tener una vez se lleve a cabo la modificación, cuando de acuerdo al A.10.9 este Reglamento explícitamente permita que el análisis de la estructura se realice para un nivel de seguridad limitada.

Para este caso se obtuvieron Movimientos sísmicos de diseño equivalentes a los de una edificación Nueva.

**A.10.4.2.3 — Clasificación del sistema estructural** — El sistema estructural debe clasificarse dentro de uno de los sistemas estructurales que define el Capítulo A.3.

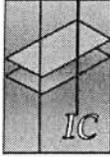
Se clasifica la estructura como sistema de muros de mampostería no reforzada.

**A.10.4.2.4 — Coeficiente de capacidad de disipación de energía,  $R'$**  — De acuerdo con el sistema estructural a que corresponda la edificación y a los requisitos constructivos y de diseño que se hayan seguido en la ejecución de la estructura original debe asignarse un valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía,  $R$  ( $R = \phi_s \phi_p \phi_r R_0$ ), el cual se denominará  $R'$  dentro del presente Capítulo. La asignación debe hacerse de acuerdo con la información disponible sobre la estructura.

Como se menciona en el numeral 4.8 se le asigna a la estructura un coeficiente  $R$  igual a 1, dado que el sistema carece de disipación de energía y su comportamiento debe estar siempre en el rango Elástico.

**A.10.4.2.5 — Fuerzas sísmicas** — Las fuerzas sísmicas,  $F_s$ , que el sismo de diseño impone a la edificación se deben determinar por medio del método de la fuerza horizontal equivalente, tal como lo prescribe el Capítulo A.4. Estas fuerzas sísmicas deben distribuirse en la altura de acuerdo con el mismo método de la fuerza horizontal equivalente. Se permite utilizar el método del análisis dinámico dado en el Capítulo A.5, si a juicio del diseñador hay suficiente información para permitir su uso.

Se calcularon las fuerzas sísmicas de diseño a partir del método de análisis dinámico, dado que el comportamiento de este tipo de estructuras no puede verse bien representado por sistema de fuerzas distribuidas en la altura como lo es el método de la F.H.E., de igual forma se ajusta la fuerza sísmica al 90% de la obtenida por F.H.E.



# CONSULTEC S.A.S.

## INGENIEROS CONSULTORES

### CÁLCULOS ESTRUCTURALES - CONSULTORÍA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES

**A.10.4.2.6 — Cargas diferentes a las solicitaciones sísmicas** — Las otras solicitaciones diferentes a las solicitaciones sísmicas deben determinarse siguiendo los requisitos del Título B, con excepción de las cargas muertas, las cuales deben evaluarse con base en observaciones y mediciones de campo. Las cargas muertas en ningún caso, para efectos de determinar las solicitaciones equivalentes, pueden ser menores a las prescritas en el Título B.

Se evaluaron las diferentes cargas actuantes sobre la edificación, y las cuales se describen en los numerales 4.3, 4.4 y 4.5.

**A.10.4.2.7 — Análisis estructural** — Con el fin de determinar las fuerzas y esfuerzos internos de la estructura debe llevarse a cabo un análisis estructural por medio de uno de los modelos matemáticos permitidos por este Reglamento.

Como se mencionó anteriormente se realizó un modelo tridimensional en el programa de análisis y diseño ETABS, aproximado lo mejor posible a la realidad.

**A.10.4.3 — RELACIÓN ENTRE DEMANDA Y CAPACIDAD** — Deben determinarse unos índices de sobreesfuerzo y de flexibilidad, que permitan definir la capacidad de la estructura existente de soportar y responder adecuadamente ante las solicitaciones equivalentes definidas en A.10.4.2.

**A.10.4.3.1 — Definición del índice de sobreesfuerzo** — El índice de sobreesfuerzo se expresa como el cociente entre las solicitaciones equivalentes, calculadas de acuerdo con A.10.4.2 y la resistencia efectiva. Tiene dos acepciones:

- (a) **Índice de sobreesfuerzo de los elementos** — el cual se refiere al índice de sobreesfuerzo de cada uno de los elementos estructurales individuales, y
- (b) **Índice de sobreesfuerzo de la estructura** — cuando se determina para toda la estructura, evaluando los elementos con un mayor índice de sobreesfuerzo individual y tomando en consideración su importancia dentro de la resistencia general de la estructura como un conjunto.

**A.10.4.3.2 — Determinación del índice de sobreesfuerzo** — Para todos los elementos de la estructura y para todos los efectos tales como cortante, flexión, torsión, etc., debe dividirse la fuerza o esfuerzo que se le exige al aplicarle las solicitaciones equivalentes, mayoradas de acuerdo con el procedimiento dado en el Título B del Reglamento y para las combinaciones de carga dadas allí, por la resistencia efectiva del elemento. El índice de sobreesfuerzo para toda la estructura corresponderá al mayor valor obtenido de estos cocientes, entre los elementos que puedan poner en peligro la estabilidad general de la edificación.

**A.10.4.3.3 — Resistencia existente de los elementos** — La resistencia existente de los elementos de la estructura,  $N_{ex}$ , debe ser determinada por el ingeniero que hace la evaluación con base en la información disponible y utilizando su mejor criterio y experiencia. Por resistencia se define el nivel de fuerza o esfuerzo al cual el elemento deja de responder en el rango elástico o el nivel al cual los materiales frágiles llegan a su resistencia máxima o el nivel al cual los materiales dúctiles inician su fluencia. En general la resistencia existente corresponde a los valores que se obtienen para cada material estructural al aplicar los modelos de resistencia que prescribe el Reglamento en los títulos correspondientes.