

**ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICOS, ESTUDIOS TÉCNICOS, AJUSTES A  
DISEÑOS O DISEÑOS INTEGRALES, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN  
FUNCIONAMIENTO DE LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA –  
UBICADAS EN EL DEPARTAMENTO NARIÑO – GRUPO 09**

**Contrato No. PAF-JU09-G09DC-2015**



**INFORME CÁLCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL  
I.E. INEM SEDE CENTRAL**

**BOGOTÁ  
FEBRERO 2017**

## CONTROL DE REVISIONES

REVISIÓN	FECHA	OBSERVACIONES
1	30/12/16	Primera Redacción

**Elaborado por:**  
Construcciones RUBAU

**Revisado por:**  
Raúl Enrique Lozano  
Fecha: febrero 2017  
  
Firma:

**Aprobado por:**  
Director de Interventoría  
  
Fecha:  
  
Firma:

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO</b> .....	<b>9</b>
2.1 SISTEMA ESTRUCTURAL .....	9
2.2 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES .....	9
2.2.1 Concreto:.....	9
2.2.2 Acero de Refuerzo:.....	9
2.2.3 Acero Estructural: .....	10
2.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO .....	10
2.3.1 CARGAS .....	10
2.3.2 COMBINACIONES DE CARGAS .....	11
2.3.3 DEFLEXIONES .....	4
2.3.4 LÍMITES DE CUANTÍAS (ELEMENTOS EN CONCRETO REFORZADO) ...	4
2.3.5 PROVISIONES SISMO-RESISTENTES.....	4
<b>3 NORMAS</b> .....	<b>5</b>
<b>4 METODOLOGÍA</b> .....	<b>5</b>
4.1 Recopilación de la información de los datos que sirven de insumos para el diseño de las estructuras. ....	7
4.2 Planteamiento de tipologías estructurales .....	7
4.3 Elección de la mejor alternativa de solución .....	7
4.4 Predimensionamiento.....	8
4.5 Análisis Estructural.....	8
4.5.1 Cargas muertas:.....	8
4.5.2 Cargas permanentes: .....	8
4.5.3 Cargas vivas:.....	8
4.5.4 Empuje de Tierras .....	8
4.5.5 Nivel freático.....	8
4.5.6 Acciones sísmicas .....	9
4.5.7 Otras cargas.....	9
4.6 Diseño Estructural.....	9
4.7 Estados límites últimos (ELU) .....	10
4.8 Estados límites de Servicio (ELS) .....	10

---

4.9	Documentos del proyecto.....	11
4.9.1	Memorias de cálculo.....	11
4.9.2	Planos Estructurales.....	11
4.9.3	Cantidades de obra .....	11
4.10	NORMATIVIDAD.....	11
<b>5</b>	<b>MEMORIAS DE CÁLCULO.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>CANTIDADES Y PRESUPUESTO .....</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>12</b>
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>13</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>14</b>
	ANEXO 1 – MEMORIAS DE CALCULO .....	14
	ANEXO 2 – PLANOS ESTRUCTURALES .....	14

---

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1 Combinaciones de carga ..... 11

---

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico 4-1 Metodología general de diseño .....	5
Gráfico 4-2 Metodología general de diseño .....	6

---

## INTRODUCCIÓN

En este informe se presentan las labores realizadas para el diseño estructural del colegio I.E. INEM Pasto Sede Central ubicado en el departamento de Nariño. En la ciudad de San Juan de Pasto

Todos los criterios de diseño como la metodología usada para el análisis estructural del colegio se rige por los lineamientos que establece el reglamento colombiano de construcciones sismo resistentes NSR-10.

Además se presenta las especificaciones técnicas de construcción para cada una de las actividades que se deben ejecutar en la construcción de la estructura de esta edificación. Adicionalmente se establecen las cantidades de obra requeridas para la construcción que se traducen en un presupuesto.

Por último, se presentan todos los planos que contienen toda la información para ejecutar correctamente la obra.

## 1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Realizar el cálculo y diseño estructural de una edificación educativa bajo los lineamientos del reglamento de construcciones NSR-10

El sistema estructural de la edificación está conformado en pórticos de concreto reforzado en ambos sentidos. Está constituido por placas aligeradas armadas en una dirección de espesor de 45cm y una placa maciza de 12cm de espesor para los tanques de suministro de agua potable.

Los pórticos tienen capacidad Especial de Disipación de Energía (DES), con columnas de 45x50cm, construidas en concreto con resistencia a compresión de 28MPa y vigas principales de carga y de rigidez con dimensiones de 45x45cm, con resistencia a compresión de 28MPa.

La cimentación, está conformada por zapatas de 150x150cm, 180x180cm, 240x240cm y 260x260cm con un espesor de 25cm y acartelado de 50cm. Con el fin de proveer integridad estructural a la cimentación se diseñan vigas de amarre y de enlace con 50x45 cm de dimensión.

Este proyecto se divide en 2 bloques, los cuales son un sistema de pórticos de 1 y 2 niveles, un pórtico plano, para rampa y escaleras de acceso y un sistema de pórticos de un nivel.

## 2 CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO

### 2.1 SISTEMA ESTRUCTURAL

Para el colegio se plantea un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado y estructura de cubierta mediante correas en acero laminado en frío que se apoyan en “muros cuchilla” confinados.

Se plantean entre pisos (zonas de corredores, aulas, restaurantes, etc) en placa en concreto reforzado armadas en una dirección que consiste en separaciones de viguetas de aproximadamente 2.0 metros con el fin de manejar casetones grandes. La torta superior de ésta placa es de 10 cm de espesor.

Correas para soportar la teja de cubierta: Perfiles metálicos ASTM 1011 Gr 50 Lámina delgada TIPO ADESCO. (Separación máxima 1.70 metros)

Muros divisorios (No estructurales) en mampostería en bloque de perforación horizontal dilatados de la estructura pero con anclajes a través de columnetas para prevenir volcamiento de los mismos en el caso de la ocurrencia de un sismo.

La cimentación para todas las edificaciones consta de zapatas concéntricas vinculadas con vigas en concreto reforzado. Se requiere realizar restitución del suelo para alcanzar el estrato competente de apoyo.

### 2.2 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

#### 2.2.1 Concreto:

- Resistencia a la compresión  $f'c=21$  MPa ( para zapatas, vigas de amarre, placa de contrapiso)
- Módulo de elasticidad  $E=17872$  MPa
- Resistencia a la compresión  $f'c=28$  MPa ( Vigas aéreas , Columnas, placas de entrepiso)
- Módulo de elasticidad  $E=20636$  MPa
- Peso Específico =  $24$  kN/m<sup>3</sup>

#### 2.2.2 Acero de Refuerzo:

- Esfuerzo máximo a la fluencia del  $f_y=420$  MPa para varillas No 3 y mayores,  $F_y =240$  MPa para varillas menores del No 3.
- Módulo de elasticidad  $E=20400$  MPa

- Peso Específico =  $78.5 \text{ kN/m}^3$

### 2.2.3 Acero Estructural:

- Acero A-Grado 50  $f_y = 350 \text{ MPa}$
- Acero ASTM 1011 Gr 50 Lámina delgada (Correas de Cubierta)
- Pernos Estructurales ASTM 325
- Pernos de anclaje SAE 1045 ( $F_y = 320 \text{ MPa}$ )
- Soldadura E70XX

## 2.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO

- Estados Límites últimos E.L.U (Concreto y Acero)

### 2.3.1 CARGAS

#### 2.3.1.1 Carga Muerta:

- Peso Propio de los Elementos
- Peso de acabados (Tabla B.3.4.1.3 NSR 10)
- Peso muros divisorios (Tabla B.3.4.2.4 NSR 10)
- Peso Teja Cubierta =  $0.1 \text{ kN/m}^2$  (Teja termo acústica)
- Correas =  $0.05 \text{ kN/m}^2$
- Instalaciones y Otras cargas colaterales en la cubierta =  $0.1 \text{ kN/m}^2$

#### 2.3.1.2 Carga Viva:

- Cubiertas para pendiente  $< 15\%$  =  $0.50 \text{ kN/m}^2$
- Cubiertas para pendiente  $> 15\%$  =  $0.35 \text{ kN/m}^2$
- Escaleras, corredores, restaurantes :  $5 \text{ kN/m}^2$  ; Aulas:  $2 \text{ kN/m}^2$
- Granizo:  $0.5 \text{ kN/m}^2$

#### 2.3.1.3 Carga de Sismo:

- Nariño Zona de Amenaza Sísmica Alta  $A_a = 0.25$ ,  $A_v = 0.25$
- Coeficiente de Importancia  $I = 1.25$ ; Grupo III
- $F_a$ ,  $F_v$  = Proporcionado por Ing. Geotecnista
- Coeficiente de disipación de Energía:  $R = 5.25$  y  $R = 4.725$ ; DISIPACIÓN ESPECIAL DE ENERGÍA (D.E.S)

- Análisis Dinámico Espectral, con comprobación MFHE

### 2.3.1.4 Carga de viento

Procedimiento analítico NSR-10, Zona 3 Vs=100 kph, 28 m/s

### 2.3.1.5 Otras Cargas

- Empujes de Tierras:  $K_0=0.66$ , (Según Parámetros del Estudio de Suelos)
- Presiones Hidrostáticas (Tanques elevados y subterráneos)
- Presiones Hidrodinámicas en los tanques

## 2.3.2 COMBINACIONES DE CARGAS

Tabla 1-1 Combinaciones de carga

<u>Verificación de Deflexiones</u>	1.0 CM + 1.0 CV
<u>Verificación de Deriva:</u>	1.2 CM + 1.0 CV + 1.0 SX 1.2 CM + 1.0 CV - 1.0 SX 1.2 CM + 1.0 CV + 1.0 SY 1.2 CM + 1.0 CV - 1.0 SY
<u>Diseño de Concreto:</u>	1.2 CM + 1.6 CV 1.2 CM + 1.0 CV + 1.0 SX/R 1.2 CM + 1.0 CV +- 1.0 SX/R 1.2 CM + 1.0 CV +- 1.0 SY/R 0.9 CM +- 1.0 SX/R 0.9 CM +- 1.0 SY/R
<u>Diseño de Cubiertas Metálicas:</u>	1.2 CM + 1.6 CV 1.2 CM + 0.5 (Lr o G) +- 1.3 W 1.2 CM + 0.5 (Lr o G) +- SX/R 1.2 CM + 0.5 (Lr o G) +- SY/R

Fuente: NSR-10

**CM:** Carga Muerta

**CV:** Carga Viva

**W:** Carga de Viento

**SX:** Sismo en la Dirección X

**SY:** Sismo en la Dirección Y

**G:** Carga de granizo

### 2.3.3 DEFLEXIONES

- Deriva máxima permitida (NSR-10) = 1%  $h_n$ ;  
 $h_n$  = Altura del edificio.
- Deriva umbral de daño (NSR 10) = 0.4%  $h_n$
- Deflexión máxima de vigas y losas.  
Estructura metálica de Cubierta =  $L/500$  (Carga instantánea)  
  
Vigas en Concreto =  $L/480$  (a largo plazo)
- Máximo asentamiento diferencial permitido para estructuras de concreto reforzado de edificios =  $0.0025 * L$   
 $L$  = DISTANCIA ENTRE PUNTOS DE ASENTAMIENTO DIFERENTE.

### 2.3.4 LÍMITES DE CUANTÍAS (ELEMENTOS EN CONCRETO REFORZADO)

- Vigas, losas, viguetas: Máx = cuantía de refuerzo para falla por tracción,  
Mín = 0.0033 del área efectiva de la sección.
- Columnas: Mín = 1% de la sección bruta; Máx = 4% de la sección bruta.
- Para efectos de retracción y temperatura = 0.0018 sección bruta.

### 2.3.5 PROVISIONES SISMO-RESISTENTES

Dimensiones y detalles de refuerzo con todos los requerimientos y lineamientos que establece el NSR-10 en el capítulo C.21, especialmente en C.21.6

### 3 NORMAS

- 350, A. C. (2006). *350-06 Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures*.
- AIS. (2010). *Reglamento Colombiano de construcción sismo-resistente NSR-10*.

### 4 METODOLOGÍA

La metodología general para el diseño de las estructuras que se pueden generar en el proyecto, que básicamente consisten en pórticos en concreto reforzado, cubiertas metálicas y mampostería confinada, que sirve para cubrir el alcance que pretende la entidad contratante, se puede resumir en los siguientes pasos que se muestran en este diagrama de flujo:

Gráfico 4-1 Metodología general de diseño

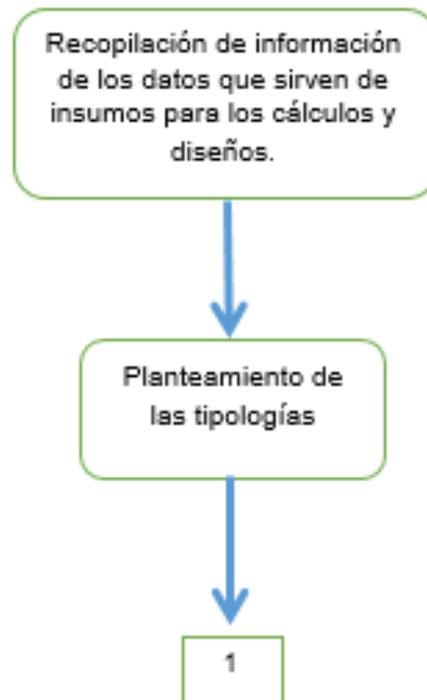
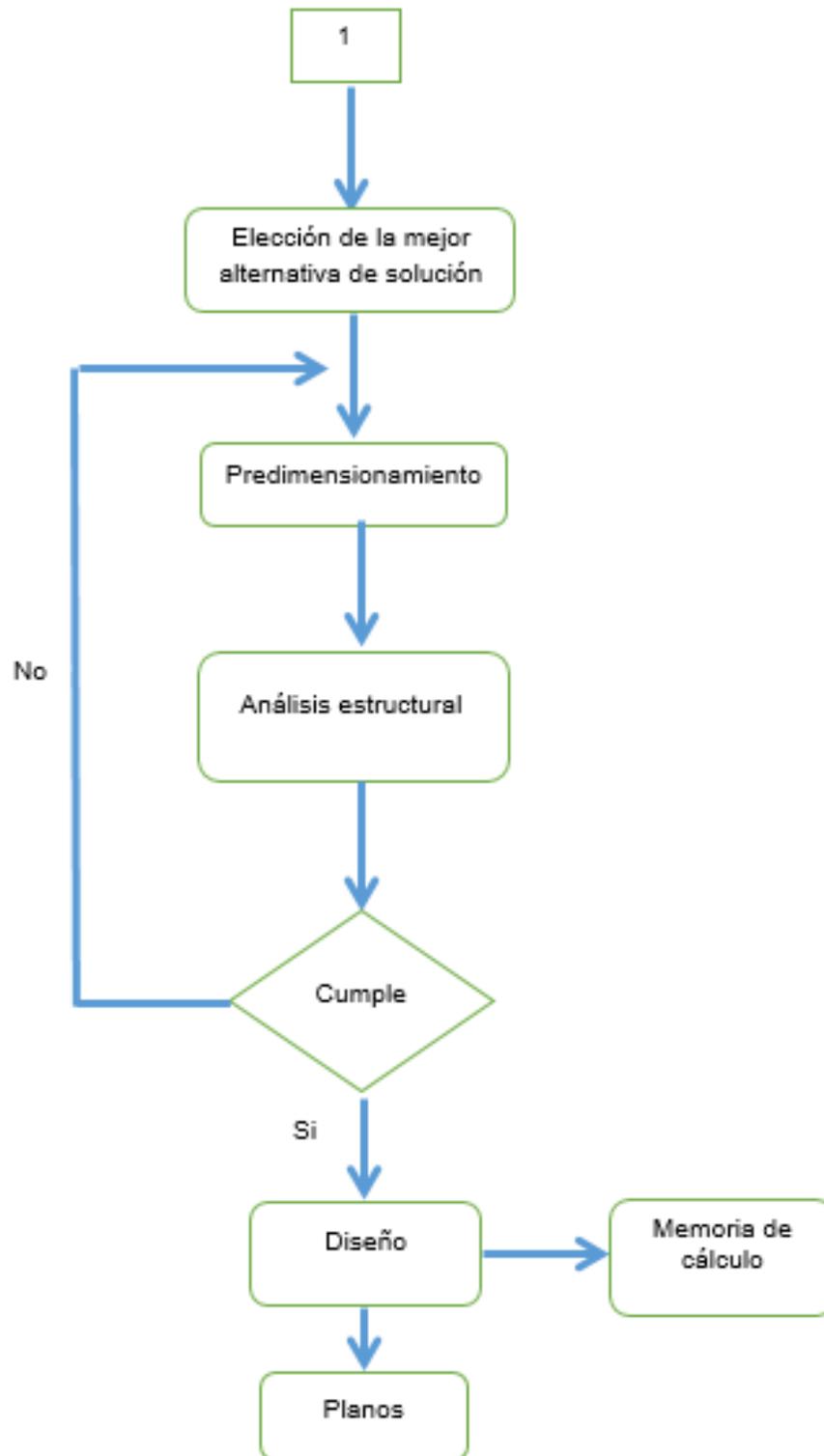


Gráfico 4-2 Metodología general de diseño



#### **4.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS DATOS QUE SIRVEN DE INSUMOS PARA EL DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS.**

La información que debe ser suministrada para realizar los análisis y diseños de las diferentes estructuras es primordialmente la siguiente:

- Topografía: Cartografía general, plantas con curvas de nivel, perfiles.
- Estudio geológico y geotécnico: Parámetros geotécnicos, capacidad admisible de los suelos, módulos de reacción tanto horizontal como vertical del terreno, coeficientes de empuje estático y dinámico de los rellenos, nivel freático y recomendaciones de tipo constructivo.

#### **4.2 PLANTEAMIENTO DE TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES**

Se puede hacer un planteamiento de distintas soluciones para los puntos de interés donde se requieran estructuras. Estas alternativas que se plantean pueden estar basadas en experiencias anteriores, en la posibilidad de emplazar fácilmente la estructura, procesos constructivos, cumplimiento con la normatividad vigente y aspectos económicos.

#### **4.3 ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN**

La mejor alternativa se escogerá teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Aspectos económicos.
- Facilidad constructiva.
- Factores técnicos.
- Funcionalidad.

#### 4.4 PREDIMENSIONAMIENTO

Una vez se escogido la alternativa de solución y la ubicación de cada una de las estructuras se puede hacer un dimensionamiento de los elementos que componen las mismas teniendo en cuenta primordialmente sus propiedades geométricas como son áreas, momentos de inercia y módulos de sección.

#### 4.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para emprender el análisis estructural se deben evaluar las cargas y acciones a la que probablemente van a estar sometidas las estructuras. Éstas son determinadas por la normatividad vigente y las más relevantes para el caso que nos ocupa son las siguientes:

##### 4.5.1 Cargas muertas:

- Peso propio de los elementos (ya sean en acero estructural o concreto )
- Peso de rellenos (aplica muros de contención)

##### 4.5.2 Cargas permanentes:

- Acabados
- Muros divisorios
- Tejas
- Bordillos
- Peso de barandas

##### 4.5.3 Cargas vivas:

- Carga viva sobre placas de entrepiso
- Carga viva en las cubiertas

##### 4.5.4 Empuje de Tierras

- Presión de tierras según parámetros geotécnicos.

##### 4.5.5 Nivel freático

- Presiones hidrostáticas por efectos del nivel freático.

#### 4.5.6 Acciones sísmicas

- Se determinan de acuerdo a la Zona de Amenaza sísmica donde se ubique la estructura, a su importancia y configuración estructural y los efectos de sitio que se entregan en los estudios geotécnicos.

#### 4.5.7 Otras cargas

- Acción del viento.
- Efectos de temperatura.
- Asentamientos de estructuras

Luego de conocer las cargas y acciones en las estructuras es importante conocer las propiedades mecánicas de los materiales constitutivos de las diferentes estructuras, siendo las más relevantes el peso específico, el módulo de elasticidad, la resistencia a compresión, la resistencia a tracción entre otras.

El procedimiento de cálculo se puede realizar con un modelo matemático que idealice de una manera realista, la geometría, masa y rigidez de la estructura. Así mismo es importante dentro de estos modelos implantar las condiciones de frontera (apoyos) de los mismos.

Las combinaciones de carga y los coeficientes de amplificación adoptados se establecen de acuerdo a lo que la normatividad exige para las diferentes tipologías de estructuras.

El resultado del análisis estructural, a partir de los datos iniciales mencionados y mediante el procedimiento de cálculo elegido, es la determinación de los esfuerzos axiales, flectores, cortantes y torsores en los distintos elementos, sus deformaciones (flechas, alargamientos, giros) y las reacciones.

## 4.6 DISEÑO ESTRUCTURAL

Establecidas las dimensiones de los elementos estructurales, la disposición del acero de refuerzo pasivo y activo entre otros aspectos se debe hacer la verificación de los estados límites para corroborar que el diseño es apto.

#### 4.7 ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS (ELU)

Para revisar los estados límites últimos se hace necesario verificar que la resistencia de los elementos en su conjunto sea mayor que las acciones que actúan sobre los elementos.

Esta verificación se realiza con el siguiente procedimiento:

- Establecer las acciones sobre los elementos como se mencionó anteriormente.
- Aumentar las cargas con los coeficientes de amplificación y determinar las fuerzas internas en los elementos estructurales.  $S_d$
- Evaluar la resistencia de los elementos y multiplicarla por el coeficiente reductor.  $R_d$
- Verificar que las resistencias de los elementos sean mayores a las fuerzas internas de diseño. Es decir,  $R_d \geq S_d$ .

Los estados límites últimos (ELU) están asociados a que la estructura no quede fuera de servicio por falta de capacidad, estabilidad y equilibrio entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Pérdida de estabilidad de la estructura de una parte o del conjunto de la estructura.
- Transformación de la estructura en un mecanismo.
- Pérdida de resistencia de la estructura, se supera esfuerzos de flexión, axial, cortante y torsión.
- Inestabilidad o pandeo de una parte o del conjunto de una estructura.
- Pérdida de anclaje.
- Pérdida de adherencia.

#### 4.8 ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO (ELS)

Los estados límites de servicio están más asociados a la utilización de la estructura. Es decir, situaciones para que la estructura o parte de ella puedan quedar fuera de servicio por razones de funcionalidad, durabilidad o estética.

- Fisuración.
- Excesivas deformaciones de los elementos estructurales.
- Durabilidad.
- Excesivas vibraciones que puedan afectar la funcionalidad de las estructuras.

## 4.9 DOCUMENTOS DEL PROYECTO

El procedimiento que se ha expuesto para el análisis y diseño de las estructuras debe quedar plasmado en los siguientes documentos:

- Memorias de cálculo
- Planos
- Cantidades de obra
- Anexos

### 4.9.1 Memorias de cálculo

En las memorias de cálculo se plasmara la siguiente información con el fin de justificar la solución adoptada:

Descripción de la estructura, propiedades de los materiales, normas a usar, avalúo de cargas, análisis sísmico, combinaciones de carga, condiciones de modelo matemático, presentación de las solicitaciones de los elementos con diagramas para más fácil entendimiento, cálculo y diseño de todos los elementos, verificación de deflexiones, diseño de la cimentación de acuerdo a la alternativa propuesta en el estudio de suelos.

### 4.9.2 Planos Estructurales

En el documento de planos se refleja, la localización de la estructura en el proyecto, dimensiones de los elementos, cortes transversales y longitudinales de las estructuras, ubicación de niveles y cotas, ubicación de los sondeos, despiece de las armaduras de todos los elementos que conforman las estructuras, disposición de cables de tensionamiento (si aplica), proceso constructivo (si aplica), detalles estructurales, notas generales y específicas y cuadros de cantidades de obra.

### 4.9.3 Cantidades de obra

Se plasmaran las cantidades de obra en los planos. Adicionalmente se presentara documento que justifica los cálculos de las cantidades.

## 4.10 NORMATIVIDAD

A continuación se relaciona la normatividad que se utilizará para los estudios y diseño de las estructuras:

- Reglamento Colombiano de construcciones sismo-resistentes NSR-10
- ACI 350-06 Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures.

## 5 MEMORIAS DE CÁLCULO

Las memorias de cálculo detalladas y que cumplen con todos los requerimientos de la NSR-10 se presentan en el anexo 1 del presente informe.

## 6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Este documento se encuentra incluido en las especificaciones técnicas generales del proyecto.

## 7 CANTIDADES Y PRESUPUESTO

Este documento se encuentra incluido en las memorias de cantidades y presupuesto general del proyecto.

## 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se realiza el diseño estructural de las edificación para el colegio TAL siguiendo la metodología y los lineamientos que el reglamento colombiano de construcciones sismo resistente NSR-10 exige para este tipo de estructuras.
- Se recomienda que en el proceso de construcción exista una supervisión técnica para la ejecución de la estructura.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- 350, A. C. (2006). *350-06 Code Requeriments for Environmental Engineering Concrete Structures*.
- AIS. (2010). *Reglamento Colombiano de construccion sismo-resistent NSR-10*.
- Franco, J. I. (2011). *Estructuras de Concreto 1*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

---

## **ANEXOS**

**ANEXO 1 – MEMORIAS DE CALCULO**

**ANEXO 2 – PLANOS ESTRUCTURALES**