

**ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UN
ELEMENTO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA
EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA**

**PRESENTADO POR
YARIH LISSETH VALDERRAMA GARCÍA
ID:000243725**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2018**

**ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UN
ELEMENTO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA
EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA**

**PRESENTADO POR
YARIH LISSETH VALDERRAMA GARCÍA
ID:000243725**

**DIRECTOR ACADEMICO
ELKIN MAURICIO LOPEZ MORANTES
Ingeniero Civil**

**DIRECTOR EMPRESARIAL
EDGAR FRANCO PINZON
Arquitecto**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2018**

Nota de aceptación:

Firma presidente del Jurado

Firma Jurado N°1

Firma Jurado N°2

Bucaramanga, octubre de 2018

DEDICATORIA

Primero que todo le agradezco a Dios por darme la oportunidad y sabiduría de culminar esta etapa y permitirme vivir y compartir gratas experiencias durante mi proceso de formación y culminar poco a poco mis sueños y metas propuestas.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por su esfuerzo y a la familia Pereira González por su gran apoyo, siempre dándome ese último aliento para salir adelante, así mismo a mis hermanos y amigos que siempre han sido mi apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo le agradezco a Dios por darme sabiduría y la oportunidad para sacar mi carrera adelante; a Mis Padres y a la familia Pereira González por la oportunidad que me han dado, por ser mi gran apoyo cuando más lo necesité en el proceso de mi carrera y así mismo a mis hermanos, familiares y amigos por su buena energía y hacerme sentir que todos los sacrificios valen la pena.

A todas aquellas personas que con su trabajo y empeño estuvieron siempre presentes, comprometidos y dispuestos a colaborar.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE IMÁGENES.....	viii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE ANEXOS.....	xiii
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo General	2
2.2. Objetivos Específicos.....	2
3. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1. TOPOGRAFÍA.....	3
3.2. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS:	4
3.2.1. Ensayo de penetración estándar (SPT).	4
3.2.2. Granulometría.....	6
3.2.3. Coeficiente de uniformidad (Cu).	7
3.2.4. Clasificación de suelos:.....	7
3.2.5. Límites de Atterberg.....	8
3.2.6. Compresión simple.	11
3.3. DISEÑO ESTRUCTURAL	12
3.3.1. CUBIERTA METALICA.....	12
3.4. SAP 2000	14
4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO	15
4.1. Reconocimiento del lugar de trabajo.	16
4.2. Levantamiento Topográfico	17
4.3. Elección del modelo arquitectónico preliminar de la cercha para una cubierta metálica	18
4.4. Estudios de suelos	20
4.4.1. Localización del proyecto.....	20
4.4.2. Características Geológicas del Sitio de Estudio.....	21
4.4.3. Características Geotécnicas del Sitio de Estudio.....	21
4.4.4. Ubicación de los sondeos.	23
4.4.5. Registro de campo.	24
4.4.6. Perfil geotécnico.	28

4.4.7. Efectos locales:	31
4.4.8. Ensayos y resultados de laboratorio:	35
4.4.9. Características Geotécnicas:	42
4.4.10. Análisis Geotécnico:.....	45
4.5. Análisis de cercha y correa típica, para la cubierta metálica de la cancha del Colegio Santa Isabel de Hungría, antecargas gravitacionales únicamente, mediante software SAP 2000.	55
4.5.1. Características de la cubierta metálica.....	56
4.5.2. Montaje de la estructura en el programa SAP 2000.	59
4.5.3. Análisis de cargas.....	62
4.6. Presupuesto	77
4.6.1. Análisis de precios unitarios.....	78
5. RESULTADOS	79
6. APORTE AL CONOCIMIENTO	82
7. CONCLUSIONES.....	84
8. BIBLIOGRAFÍA.....	86
9. ANEXOS	88
9.1. Registro fotográfico.....	88
9.2. Tablas de granulometría.....	91
9.3. Límite de ATTERBERG	94
9.4. Compresión simple	97
9.5. Planos de la cercha estructural	102

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Cuchara partida, con muestra extraída.....	5
Imagen 2: Cuchara de Casagrande.	9
Imagen 3: Rollo de diámetro no mayor a 5 mm.....	10
Imagen 4: muestra en forma cilíndrica.	11
Imagen 5 : Cancha deportiva	16
Imagen 6: Gradas aisladas	16
Imagen 7: Estación Topográfica	17
Imagen 8: Levantamiento topográfico	17
Imagen 9: Cubierta curva.....	19
Imagen 10: Cubierta plana	19
Imagen 11: Cubierta a dos aguas	19
Imagen 12: Cubierta a dos aguas	19
Imagen 13: Ubicación del sitio de estudio, Colegio Santa Isabel de Hungría.	22
Imagen 14: Marcación de sondeo.	25
Imagen 15: Ejecución de sondeo.	25
Imagen 16: Marcación de sondeo.	26
Imagen 17: Ejecución de sondeo.	26
Imagen 18: Marcación de sondeo	27
Imagen 19: Ejecución de sondeo	27

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: profundidad y coordenadas por exploración de sondeos.	24
Tabla 2: Registro de sondeo 1. cubierta metálica del Colegio Santa Isabel de Hungría.....	25
Tabla 3: Registro de sondeo 2. cubierta metálica del Colegio Santa Isabel de Hungría.....	26
Tabla 4: Registro de sondeo 3. cubierta metálica del Colegio Santa Isabel de Hungría.....	27
Tabla 5: Clasificación de los perfiles geotécnicos del suelo, tomado NSR-10-Tabla A.2.4-1.....	28
Tabla 6: Correlaciones para determinar la magnitud de la velocidad de corte Vs..	29
Tabla 7: Resultados de Vs de casa sondeo en función de la profundidad.	29
Tabla 8: Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de Av. para las ciudades capitales de departamento.....	31
Tabla 9: valores de coeficiente de importancia.....	34
Tabla 10: Resultados de laboratorio por sondeo.	36
Tabla 11: Resumen del valor de Qu y Cu por cada Sondeo.	41
Tabla 12: Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 1.	42
Tabla 13: Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 2.	43
Tabla 14: Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 3.	44
Tabla 15: Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 1.	46
Tabla 16: Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 2.	47
Tabla 17: Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 3.	47
Tabla 18: Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 1, y cálculo de capacidad portante.	48
Tabla 19: Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 2, y cálculo de capacidad portante.	49
Tabla 20: Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 3, y cálculo de capacidad portante.	49
Tabla 21: Valores orientativos de Nspt, Resistencia a Compresión simple y Modulo de Elasticidad de suelos.	49
Tabla 22: Clasificación de suelos susceptibles a licuefacción.	52

Tabla 23: Clasificación de los suelos expansivos.	53
Tabla 24: Evaluación del potencial de expansión de los suelos; Sondeo 1.	53
Tabla 25: Evaluación del potencial de expansión de los suelos; Sondeo 2.	53
Tabla 26: Evaluación del potencial de expansión de los suelos; Sondeo 3.	53
Tabla 27: Especificaciones técnicas.	56
Tabla 28: Tubería estructural rectangular.....	57
Tabla 29: tubería estructural redonda.....	57
Tabla 30: Perfiles de Tubería estructural seleccionada.	58
Tabla 31: Cargas muertas.....	62
Tabla 32: Cargas vivas mínimas en cubiertas	63
Tabla 33: Carga viva	63
Tabla 34: Carga de viento	64
Tabla 35: Combinaciones de cargas.	65
Tabla 36: Elementos a compresión y tensión.	74
Tabla 37: perfiles definitivos.	76
Tabla 38: Presupuesto de los materiales que conforman la cubierta metálica.....	77
Tabla 39: precios unitarios.	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curva granulométrica.....	6
Figura 2: Estructura metálica curva.	13
Figura 3: Planos de las dimensiones y características de la cancha	18
Figura 4: Ubicación de proyecto fuente Google Eath	20
Figura 5: Ubicación de los sondeos.	23
Figura 6: Velocidades de onda cortante Vs en función de la profundidad de exploración, valores a partir de N de campo y correlaciones.	30
Figura 7: <i>Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a función de Aa y edificaciones para la NSR-10 en Av</i>	31
Figura 8: <i>Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a función de Aa y edificaciones para la NSR-10 en Av</i>	32
Figura 9: <i>Coeficiente de amplificación Fa correspondientes a la ciudad de Bucaramanga perfil D, para la zona de periodos cortos del espectro</i>	33
Figura 10: <i>Coeficiente de amplificación Fv correspondientes a la ciudad de Bucaramanga perfil D, para la zona de periodos intermedios del espectro</i>	33
Figura 11: Resultado de las granulometrías.....	37
Figura 12: Límites de consistencia, materiales Sondeo 1, Sondeo 2 y Sondeo 3	38
Figura 13: <i>Grafica de ensayo de compresión inconfiada. Sondeo 1-Muestra 4...</i>	39
Figura 14: <i>Grafica de ensayo de compresión inconfiada. Sondeo 1-Muestra 6...</i>	40
Figura 15: Resultados de ensayo de compresión inconfiada. Sondeo 2-Muestra 4	40
Figura 16: <i>Resultados de ensayo de compresión inconfiada. Sondeo 3-Muestra 4</i>	41
Figura 17: <i>resultados de ensayo de compresión inconfiada. Sondeo 3-Muestra6.</i>	41
Figura 18: Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 1.....	42
Figura 19: Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 2.....	43
Figura 20: Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 3.....	44
Figura 21: Criterio recomendado a la susceptibilidad de licuación (Seed and Idrish).	51
Figura 22: Criterio recomendado a la susceptibilidad de licuación (Bray et al 2004).	51
Figura 23: Cubierta metálica en SAP 2000	55
Figura 24: Modelo en AUTOCAD.	60
Figura 25: Esquema general de cubierta metálica en SAP 2000	61
Figura 26: medida longitudinal de la cubierta.	66

Figura 27: Secciones y materiales asignados	67
Figura 28: Estructura completa con la cercha critica.	67
Figura 29: cercha critica.....	68
Figura 30: carga muerta.....	69
Figura 31: carga viva	69
Figura 32: carga en compresión (V_{cy})	70
Figura 33: carga en succión (V_{sy})	70
Figura 34: carga en succión (V_{sx}).....	71
Figura 35: Carga en compresión (V_{cx}).....	71
Figura 36: Carga axial de la cercha en diagrama.....	72
Figura 37: Numeración de los nodos	73
Figura 38: Cumplimiento de cargas	75

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Levantamiento topográfico.....	88
Anexo 2: Ensayo de SPT por sondeos	88
Anexo 3 : Ensayo de laboratorio, compresión simple	89
Anexo 4: Ensayo de límite de plasticidad.....	90
Anexo 5: Ensayo de límite de líquido.	90
Anexo 6 : Sondeo 1	91
Anexo 7: Sondeo 2	92
Anexo 8: Sondeo 3	93
Anexo 9: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 1	94
Anexo 10: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 2	95
Anexo 11: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 3.....	96
Anexo 12: índice de plasticidad	96
Anexo 13: Compresión simple-sondeo 1-muestra 4.....	97
Anexo 14: Compresión simple-sondeo 1-muestra 6.....	98
Anexo 15: Compresión simple-sondeo 2-muestra 4.....	99
Anexo 16: Compresión simple-sondeo 3-muestra 4.....	100
Anexo 17: Compresión simple-sondeo 3-muestra 6.....	101
Anexo 19: Planos de la cercha metálica.	102

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL Y ACADÉMICO DE UN ELEMENTO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA.

AUTOR(ES): Yarih Liseth Valderrama García

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Elkin Mauricio López Morantes

RESUMEN

Este documento presenta una metodología orientada a realizar un estudio preliminar y diseño estructural académico de una cercha de la cubierta metálica para una cancha deportiva en el colegio Santa Isabel de Hungría, para conseguirlo, fue necesario seguir todos los requerimientos estipulados en la norma NSR -10 capítulo A, inicialmente se realizó un levantamiento topográfico para tener una completa observación de la superficie de la cancha y sus alrededores, seguidamente se procedió a realizar la ejecución de sondeos, por medio del ensayo estándar de penetración (SPT), donde se tomaron varias muestras para luego ser caracterizadas en laboratorio con los respectivos estudios, definidos por las normas colombianas de I.N.V.E Sección 100-Suelos y darnos una mejor perspectiva de las características geológicas y geotécnicas encontradas en el lugar. Una vez realizado levantamiento topográfico y estudios de suelos, se montó un bosquejo preliminar del modelo en el software de AutoCAD y después se importó al software SAP 2000, luego se procedió a completar todo el diseño de la estructura con sus cargas y asignación del tipo de perfiles a utilizar, se diseñó la cubierta metálica completa, para tener una mejor representación de la cercha, pero el análisis se centra solamente en la cercha y correa típica, debido a que el diseño no es sísmico, solo se analizara los elementos por cargas gravitacionales. Este diseño es netamente académico con finalidad de aplicar los conceptos vistos en las asignaturas básicas de la carrera, si se desea llevar a la construcción debe ser revisado por un profesional y hacer un análisis con fuerzas sísmicas donde se hagan diseños de los elementos.

PALABRAS CLAVE:

Diseño cercha metálica, SAP 2000, estudios de suelos, cargas gravitacionales.

Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: PRELIMINARY STUDY, ACADEMICAL AND STRUCTURAL DESIGN OF AN ELEMENT A METALLIC COVER FOR A SPORT FIELD AT "THE SANTA ISABEL DE HUNGRIA SCHOOL"

AUTHOR(S): Yarih Lisseth Valderrama García

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Elkin Mauricio López Morantes

ABSTRACT

This document presents a methodology aimed to make a preliminary study and a academic and structural design of a metallic roof for a sports at the "Santa Isabel de Hungria school", to achieve this, it was necessary to follow all the requirements stipulated in the NSR-10 standard Chapter A, in first place a topographic survey was conducted to have a complete observation of the surface of the field and its surroundings, then proceeded to carry out the soundings, by means of the standard penetration test (SPT), where several samples were taken and then be characterized in the laboratory with the respective studies, defined by the Colombian regulations from the I.N.V.E Section 100-Soils section and give us a better perspective of the geological and geotechnical characteristics found in the place studied. At the time that the topographic survey and soil studies were carried out, a preliminary draft of the model was assembled in the AutoCAD software and then imported into the SAP 2000 software, then the entire design of the structure was completed with its loads and assignment of the type of profiles to used, the complete metal roof was designed to have a better representation of the truss, but the analysis focuses only on the typical truss and strap, because the design is not seismic, only the elements will be analyzed by gravitational loads . This design is purely academic in order to apply the concepts seen in the basic subjects from the career, if you want to make the construction, this must be reviewed by a professional and make an analysis with seismic forces where designs of the elements are made .

KEYWORDS:

Metallic truss design, SAP 2000, soil studies, gravitational loads.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. INTRODUCCION

La práctica empresarial es una oportunidad a la vida profesional y laboral, donde se confrontan los conocimientos y destrezas adquiridos en el proceso de formación académico con la realidad empresarial, es de gran importancia el desarrollo de esta ya que pueden surgir formulaciones de ideas y adquirir nuevos conocimientos.

En el presente trabajo de grado se evidencia los resultados de esta experiencia empresarial de ingeniería civil cuyo propósito fue estudio preliminar y diseño estructural académico de una cercha de la cubierta metálica para una cancha deportiva en el colegio santa Isabel de Hungría y actividades complementarias cumpliendo con lo establecido en el plan de trabajo, de esta manera brindando una visualización técnica y preliminar, enfatizando en que los estudios y diseños que se realizaron en esta práctica social son de carácter estrictamente académicos, si se desea llevar a la construcción debe ser revisado por un profesional y hacer los respectivos análisis de estudios y diseño.

La práctica se inició con la la actividad de levantamiento topográfico se llevó a cabo la descripción y toma de medidas que nos acerca a la realidad del terreno de la cancha de la institución. Luego se realizó la actividad de exploración del suelo mediante la ejecución de sondeos, por medio del ensayo estándar de penetración (SPT), donde se tomaron varias muestras para luego ser caracterizadas en laboratorio con los respectivos estudios, definidos por las normas colombianas de I.N.V.E Sección 100-Suelos y darnos una mejor perspectiva de las características geológicas y geotécnicas encontradas en el lugar. Una vez realizadas las actividades anteriores, se procedió a dimensionar la estructura metálica.

El diseño de la cubierta metálica se realizó en el software SAP 2000, programa en el cual al momento de diseñar la estructura se puede especificar sus propiedades y dimensiones, se modelo la estructura completa para tener una mejor representación de la cercha, además para evaluar el desempeño de la estructura metálica, se tuvo en cuenta la Norma vigente de diseño Sismorresistente NSR-10-capitulo- B y F, cabe mencionar que el análisis se centra solamente en la cercha tipo y correas tipo, debido a que el diseño no es sísmico y solo se analizó los elementos por carga gravitacionales .

Finalmente se realizaron cálculos, se obtuvieron resultados, estos se analizaron y se elaboraron una serie conclusiones, estableciendo tendencias y comportamientos generales de los respectivos materiales seleccionados en el diseño de este proyecto.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Realizar una propuesta preliminar y académica sobre estudios de ingeniería civil, para la construcción de un elemento de una cubierta metálica en una cancha deportiva en la institución educativa santa Isabel de Hungría.

2.2. Objetivos Específicos.

- Apoyar y Realizar estudios de suelos y topografía respectivamente, para identificar las propiedades geotécnicas y características topográficas del lugar de forma estrictamente académica.
- Plantear el diseño estructural como ejercicio académico de una cercha y correa tipo, para la cubierta metálica en acero propuesta ante cargas gravitacionales y de viento.
- Realizar un presupuesto preliminar de lo que en el desarrollo de la práctica se logre hacer, utilizando herramientas como Excel y Project para una mejor claridad a la hora de su lectura.

3. MARCO TEÓRICO

Se presenta un marco teórico donde se hace referencia de los diferentes conceptos que se deben tener en cuenta a la hora de hacer un proyecto de construcción en Colombia según la normativa NSR-10, se expone conceptos generales de los estudios de suelos, topografía y diseño estructurales, además se mencionara el software de SAP 2000, es donde se puede llevar a cabo el diseño de la estructura.

3.1. TOPOGRAFÍA

La topografía esta aplicada a la descripción detalla de la superficie de un terreno, por medio de medidas de distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, realiza mediciones de ángulos y distancias en extensiones de terreno en lo suficientemente reducidas para poder despreciar el efecto de curvatura, después de obtener coordenadas de puntos, elevaciones, áreas y volúmenes, se plasma en un plano, la realidad vista en campo, en el ámbito rural o natural, de la superficie del terreno. (A. Torres, 2001)

En la topografía existen dos actividades importantes que son el trazo y el levantamiento topográfico. El trazo es el procedimiento operacional que tiene como finalidad el replanteo sobre el terreno de las condiciones establecidas en un plano; y el levantamiento comprende las operaciones necesarias para la obtención de datos para ser representados en un plano.

El levantamiento topográfico es el estudio técnico y descriptivo de un terreno, se encarga de inspeccionar la superficie cuidadosamente teniendo en cuenta las características físicas, geográficas de un terreno. Todas las mediciones realizadas en un levantamiento topográfico deben ser representadas gráficamente y en forma precisa. Generalmente los planos topográficos son utilizados para la elaboración de algún proyecto, por lo que es necesario plasmar en ellos y en forma resumida la mayor información posible, como las coordenadas, distancias, cotas, entre otras.

Para realizar un levantamiento topográfico se debe tener equipos que miden ángulos, desniveles, distancias y coordenadas ,con el equipo de estación total incorporado a un teodolito se puede llevar a cabo los distintos tipos de medidas, ya que, con esta, se puede calcular a tiempo real distancias, elevaciones o desniveles de distintos puntos. (Alcántara, 2014).

3.2. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS:

Los estudios geotécnicos son el conjunto de trabajos de exploración, muestreo, análisis, cálculo e interpretación necesario para conocer con la precisión suficiente las características geológicas y geotécnicas de un terreno. El estudio de suelos permite conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, y su composición estratigráfica, es decir las capas o estratos de diferentes características que lo componen en profundidad, y la ubicación de niveles freáticos.

Las características de un terreno se determinan mediante una serie de actividades, a continuación, se mencionarán de manera simplificada los ensayos básicos que debe contener un estudio de suelos.

3.2.1. Ensayo de penetración estándar (SPT).

El ensayo de penetración estándar fue desarrollado por Terzagui a finales de la década de los 20, es el ensayo más económico y común para obtener información geotécnica del suelo.

El SPT (standard penetration test), es un tipo de prueba de penetración dinámica, que se emplea para realizar ensayos en terrenos que se requiere un reconocimiento geotécnico, este método por medio de sondeos proporciona varias muestras del suelo para ser caracterizadas en un laboratorio de suelos. Para realizar este ensayo debemos tener en cuenta la norma I.N.V.E.-111-13.

Este ensayo se realiza en el fondo de una perforación, el cual consiste en hincar un tubo partido, es un tipo de prueba de penetración dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que se quiere realizar un reconocimiento geotécnico. Este ensayo consiste en dejar caer una pesa de SPT desde una altura determinada sobre un cabezote de la tubería de perforación y se registra el número de golpes aplicado, para cada una de las marcaciones hechas sobre el tubo de perforación, generalmente son de 15 cm cada marcación. No se tienen en cuenta la perforación de 100 cm, puesto que es el de penetración inicial al terreno. Se suman los golpes aplicados para que penetre el tubo en el primer, segundo y tercer marcación, obteniéndose así el valor de "N". Se lleva a la superficie la cuchara partida y se abre; debe registrarse su peso y describir sus características en cuanto a color y uniformidad. (INVIAS, Ensayo Normal de Penetración (SPT) y muestreo de suelos con tubo partido.E-111-13, 2013)

Imagen 1: Cuchara partida, con muestra extraída



Fuente. Propia.

– **Terminos aplicables según la Norma I.N.V.E-111-13**

Cabezote: Pieza cilíndrica que la pesa golpea y a través del cual se transmite la energía al tubo de perforación.

Tubo de perforación: Empleados para transmitir hasta abajo, la fuerza y el giro a la broca de perforación, mientras se perfora los sondeos.

Martillo o pesa: Es la que se deja caer sucesivamente sobre el cabezote, este proporciona la energía necesaria para efectuar el muestreo y penetración.

Valor de N: Cuenta el número de golpes que representa la resistencia a la penetración del tubo partido en el suelo.

Tubo partido: Es donde se recopila la muestra obtenida de la perforación.

3.2.2. Granulometría.

Para llevar a cabo un análisis de granulometría se debe realizar una separación de la muestra obtenida en fracciones según sus tamaños. Esta separación se realiza por medio de una prueba de tamizado con lavado por la malla N° 200. Es muy importante realizar un lavado a las muestras, para eliminar la fracción fina y así no se formen grumos, después de realizado este, el material se seca, para finalmente realizar con él el cribado a través de una serie de tamices en orden decreciente de aberturas.

En función de granulometría y su composición los suelos se pueden clasificar en:

- **Gravas:** Con tamaño de grano entre 80 mm y 4,75 mm. Son las que quedan retenidas en el tamiz No.4, sus granos son observables.
- **Arenas:** Son las partículas que pasa el tamiz No. 4 de tamaño entre 4,75 mm y 0,075.
- **Limos:** Con partículas comprendidas entre 0,075 mm y 0,002 mm, son partículas de grano finos con poca o ninguna plasticidad.
- **Arcilla:** Sus partículas son inferiores a 0,002 mm, son partículas de tamaño gel y están formadas por minerales silicatados.
- **Materia orgánica:** está constituida por materias de descomposición, tienen una alta capacidad de absorción y retención de agua.

Los resultados se presentan en forma de curva en la cual en el eje horizontal se coloca la abertura del tamiz y en el eje vertical el porcentaje de material que pasa por cada malla. (Juarez Badillo, 2005)

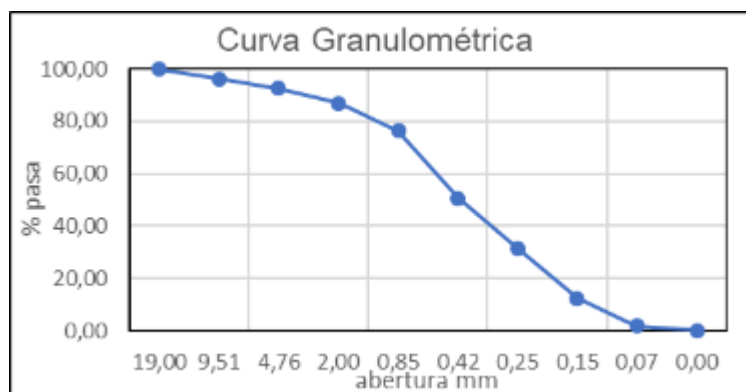


Figura 1: Curva granulométrica

Fuente: Propia.

3.2.3. Coeficiente de uniformidad (Cu).

Se utiliza para evaluar la uniformidad del tamaño de partículas de un suelo y se expresan:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

D₆₀: Tamaño tal, que el 60%, en peso, del suelo sea igual o menor.

D₁₀: tamaño tal, que sea igual o mayor que el 10%, en peso, del suelo

En donde los suelos con Cu < 3 se consideran muy uniformes.

3.2.4. Clasificación de suelos:

Los sistemas de clasificación de suelos sirven para tener una idea del suelo con el cual va a tratar. Estos sistemas dividen a los suelos en grupos y subgrupos de acuerdo con la distribución de tamaños de partículas y con la plasticidad de su fracción más fina. Los sistemas de clasificación más usados son el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y el Sistema American Association of State Highway and Transportation Officials.

3.2.4.1. Sistema clasificación AASHTO

Este sistema de clasificación de suelos de la AASHTO es uno de los métodos más antiguos, este sistema se divide en dos grandes grupos:

- Materiales granulares: son los que tienen un contenido fino igual o menor al 35%. De acuerdo con la cantidad de materias que pase por los tamices No.10, No.40 y No.200, se clasifican en los Subgrupos A-1, A-2 y A-3.
- Materiales limo- arcilla: son los suelos en que más del 35% pasan el tamiz No.200 y el suelo pertenecerá a los subgrupos A-4, A-5, A-6, A-7. (Das, 2016).

3.2.4.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Este sistema fue inicialmente propuesto por Casagrande en 1942, dicho sistema clasifica los suelos en dos grandes grupos según el porcentaje de material que pasa por la malla N° 200. Estos dos grandes grupos son: los suelos gruesos y finos, donde el material se considera grueso si se retiene más del 50% en el tamiz N° 200 y los suelos finos en los cuales más del 50% pasa por el tamiz N° 200.

- Suelos gruesos: se encuentran dos subgrupos, gravas y arenas, estas se separan con la malla N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de gravas si más del 50% de su fracción gruesa es retenida en dicha malla, de lo contrario pertenece a una arena. Las gravas se simbolizan con la letra G y las arenas con la letra S.

Subgrupos adicionales de gravas y arenas se tienen de acuerdo con su gradación pueden ser (W: bien gradado P: mal gradado), y en su fracción fina son (C: arcilloso, M:limos).

- suelos finos: se subdividen de acuerdo con su ubicación en la carta de plasticidad según su límite líquido y su índice de plasticidad. Los grupos de suelos finos son: CL, ML, OL, CH, MH, OH y Pt. (Manrique, 2017).

3.2.5. Límites de Atterberg.

Los límites de consistencia o límites de Atterberg se utilizan para caracterizar el comportamiento en los suelos finos, es importante realizar este estudio para poder determinar el rango de humedades dentro del cual el suelo se comporta plásticamente.

3.2.5.1. El límite líquido (LL)

El límite líquido se define como la humedad, en relación con el peso del suelo seco, que lo convierte en suelo líquido. Este ensayo se obtiene con la ayuda de la copa de Casagrande, es un aparato mecánico, equipado con un motor para producir la elevación y posterior a la caída de la cazuela a una altura y velocidad controlada.

Sobre la copa Casagrande se coloca una capa de la muestra que se desea estudiar, haciéndole una ranura con la ayuda de una espátula sobre la capa, el material a

utilizar debe ser pasado por la malla N° 40, se cierra con 25 golpes. Después de haber obtenido una muestra con humedad óptima, se toma una pequeña muestra para ser depositada en un recipiente y llevarlo al horno. obteniendo así los datos para calcular el peso del material seco y el contenido de agua, para finalmente calcular el límite líquido. (INVIAS, Determinación de Límite Líquido de los suelos I.N.V.E-125-13, 2013)

Imagen 2: Cuchara de Casagrande.



Fuente. Propia.

3.2.5.2. El límite plástico (LP).

El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, cuando se presenta un comportamiento plástico, indica que el suelo acepta deformaciones sin romperse y solo presentara agrietamientos.

La deformación que puede soportar un suelo con un determinado contenido de humedad está dada por la distancia que las partículas pueden moverse sin perder su cohesión. La presión que se requiere para producir una deformación específica es un índice de la magnitud de las fuerzas de cohesión. (Crespo Villalaz, 2004).

Para desarrollar este ensayo se debe tener en cuenta la norma I.N.V.E-126-13, ya que esta norma se refiere a la determinación del límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos

Este ensayo corresponde a la humedad para la cual un rollo de diámetro no mayor a 5 mm elaborado con una pequeña porción de material que fue pasada por la malla N° 40, y ser rolados consecutivamente sobre una placa de vidrio, el contenido de agua empieza a disminuir hasta que este se agrieta. Se depositan los rollitos a un recipiente, para ser llevados al horno. Obteniendo así el contenido de humedad. (INVIAS, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos I.N.V.E-126-13, 2013).

Imagen 3: Rollo de diámetro no mayor a 5 mm



Fuente. Propia.

3.2.5.3. Índice de plasticidad (IP).

El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresando como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. El índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo. Este valor permite determinar los parámetros de asentamientos de un suelo y su expansividad potencial.

Un Índice de plasticidad bajo, como por ejemplo del 5%, significa que un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo, lo transforma de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad. Por el contrario, un índice de plasticidad alto, como por ejemplo del 20%, indica que para que un suelo pase del estado semisólido al líquido, se le debe agregar gran cantidad de agua. (Crespo Villalaz, 2004).

3.2.6. Compresión simple.

El ensayo de compresión no confinada o ensayo de compresión simple, este ensayo nos permite determinar la resistencia o esfuerzo ultimo de un suelo cohesivo a la compresión no confinada, mediante la aplicación de una carga axial con control de deformación y utilizando una muestra de suelo en forma cilíndrica, se procede a ensayar la muestra, mientras más se acerque la muestra a la falla, se debe observar continuamente para detectar los posibles grietas, al fallar completamente la muestra se toma el cilindro ensayado y se lleva al horno, para determinar el contenido de agua. Después de realizar el procedimiento anterior se realiza los cálculos correspondientes a los diferentes esfuerzos, según los datos observados, calculado con áreas corregidas y dibujando un diagrama esfuerzo-deformación. (Juarez Badillo, 2005)

Imagen 4: muestra en forma cilíndrica.



Fuente. Propia.

3.3. DISEÑO ESTRUCTURAL

Un diseño estructural consiste en determinar las dimensiones y características de los elementos de una estructura para que esta cumpla ciertas funciones con grado de seguridad razonable, es preciso conocer las relaciones que existen entre las características de los elementos de una estructura, las cargas que debe soportar y los efectos que dicha carga produce sobre la estructura, la condición más importante que debe cumplir un diseño es que la estructura resultante sea suficientemente resistente. Dentro de los diseños estructurales existen las cubiertas o techos. (E.Gustin, 1980)

3.3.1. CUBIERTA METALICA

Una cubierta metálica es la combinación de piezas o partes estructurales destinada a la transmisión de fuerzas estáticas, unidos entre sí por sus extremos, de manera que forman un armazón rígido de diversas formas.

La armadura de una cubierta metálica está constituida por miembros formando triángulos o grupos de triángulos. El propósito de las armaduras de techo es servir de apoyo a una cubierta para protegerse contra los elementos naturales como de la lluvia, nieve, viento y además tienen la función de soportar su peso propio. Una estructura metálica puede ser trianguladas, rectas y curvas, para su elección depende de ciertos detalles como el tipo de cubierta, el clima, iluminación, cargas y la necesidad del cliente. Las separaciones laterales dependen de la clase de material para la cubierta, las luces de las estructuras y condiciones de cimentación. La armadura metálica puede ser apoyada en muros de concreto, o en columnas de acero o de concreto reforzado, ellas se fijan por sus extremos a estos muros o columnas con pernos de anclaje.

los materiales estructurales de acero, se considera de gran resistencia, poco peso, facilidad de fabricación y otras propiedades diversas como unir diferentes miembros por medio de soldaduras o pernos, también tienen la posibilidad de fabricación de los miembros y rapidez de montaje. A continuación, se mencionarán algunas propiedades de este material.

Alta resistencia: La alta resistencia del acero por unidad de peso implica que será relativamente bajo el peso de las estructuras.

Uniformidad: Las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, y no varían con la localización en los elementos estructurales.

Elasticidad: El acero se acerca a un comportamiento linealmente elástico, hasta

alcanzar esfuerzos considerables.

Durabilidad: Si el mantenimiento de las estructuras de acero es adecuado durarán por mucho tiempo.

Ductilidad: El acero permite soportar grandes deformaciones sin fallar bajo esfuerzos de tensión altos, ayudando que las fallas sean más evidentes.

Tenacidad: Los aceros estructurales poseen resistencia y ductilidad, además tienen la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación.

La estructura Metálica curva, por su diseño y gran resistencia pueden ser utilizadas para cubrir espacios donde requieran grandes luces, lograr áreas despejadas y sin obstáculos, está conformada por cerchas que puede llevar una triangulación secundaria cuya función consiste en acortar longitudes de pandeo de barras que trabajen a compresión o reducir la flexión en posiciones donde se encuentren colocadas las cargas puntuales. que por su forma son fabricadas en armaduras de carga de un solo elemento, contando con rigidez y estabilidad, además de ser estética son fabricadas en combinación con una gran variedad de materiales, por ello es por lo que sus diseños pueden ser personalizados. (C.McCormac, 2012)

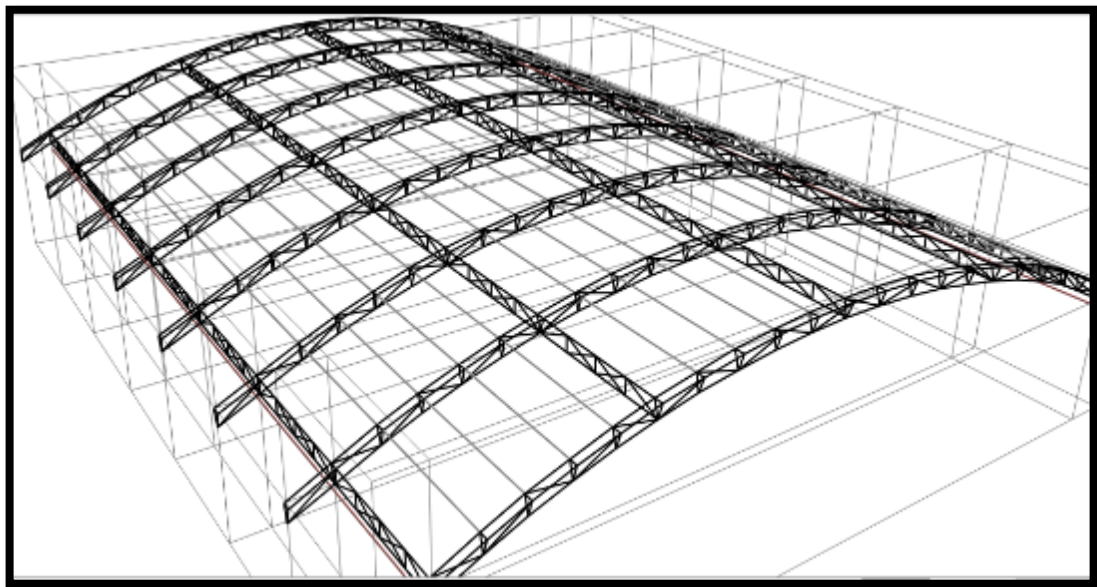


Figura 2: Estructura metálica curva.

Fuente. Propia.

3.4. SAP 2000

El programa SAP2000 está conformado por elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, además realiza de forma totalmente integrada, la modelación, el análisis y dimensionamiento de puentes, edificios, estadios, presas, estructuras industriales, estructuras marítimas y todo tipo de infraestructura que necesite ser analizadas y dimensionadas.

También es posible en el programa de SAP 2000 generar automáticamente cargas de sismo, viento y vehículos, y posteriormente, hacer el dimensionamiento y comprobación automática de estructuras de hormigón armado, perfiles metálicos, y de aluminio, a través de las normativas europeas, americanas, canadienses, turcas, Indias, chinas, y otras.

Debido a estas características y herramientas SAP 2000 sea a convertido en un programa muy importante a la hora de diseñar estructuras, ya que nos proporciona variedades de herramientas necesarias para el modelado geométrico, el análisis y el diseño. Cuenta con una interfaz realmente sencilla y fácil de entender, además de todas los comandos y funciones que permiten a los diseñadores optimizar su trabajo. En términos de uso, permite realizar diversos análisis estáticos y dinámicos de forma lineal y no lineal. Determina a través de elementos finitos la respuesta en términos de fuerzas, esfuerzos y deformados en elementos de áreas y sólidos. (GruntsWork, 2018).

4. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

Durante el periodo comprendido de prácticas se desarrolló respectivos estudios y diseños académicos de una cubierta metálica para una cancha deportiva del colegio Santa Isabel de Hungría, en donde se inició con reconocimiento del lugar, se procedió a realizar levantamiento topográfico para tener una completa observación de la superficie, se incluyó en el plano las características naturales y artificiales, incluidas los detalles importantes que están alrededor de la cancha, en cuanto en el estudio de suelos se llevó a cabo la ejecución de sondeos, por medio del ensayo estándar de penetración (SPT), donde se tomaron varias muestras para luego ser caracterizadas en laboratorio con los respectivos estudios, definidos por las normas colombianas de I.N.V.E Sección 100-Suelos y darnos una mejor perspectiva de las características geológicas y geotécnicas encontradas en el lugar, después de realizar las actividades anteriores se procedió con la elaboración del diseño de la cubierta metálica con la ayuda del programa de SAP 2000.

Así mismo se enfatiza que los estudios y diseños que se realizaron en esta práctica son de carácter estrictamente académicos, si se desea llevar a la construcción debe ser revisado por un profesional y hacer los respectivos análisis de estudios y diseño.

4.1. Reconocimiento del lugar de trabajo.

Se realizó la respectiva visita al colegio Santa Isabel de Hungría que está ubicado en la calle 13#13-30 en Floridablanca, se identificó las primeras características del lugar que a simple vista se podían detallar, como, la cancha tiene drenajes en cada una de sus esquinas, cuenta con gradas en sus lados laterales una más alejada que la otra, alrededor de ella hay una pequeña cancha deportiva, además se socializó con la Rectora del colegio y empleados de la institución, ellos proporcionaron aportes muy importantes, como especificar que cerca del plantel educativo pasa una pequeña quebrada, esta información es de gran importancia para tener en cuenta a la hora de caracterizar la geología y determinar el nivel freático presentes en el terreno de trabajo. Registro fotográfico de la cancha del colegio Santa Isabel de Hungría.

Imagen 5 :Cancha deportiva



Fuente. Propia.

Imagen 6: Gradas aisladas



Fuente. Propia.

4.2. Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico se llevó a cabo la descripción y toma de medidas que nos acerca a la realidad del terreno de la cancha de la institución, usando los instrumentos proporcionados por la Universidad Pontificia Bolivariana, tales como estación topográfica, prisma, GPS, decámetros, cuñas y estacas; se contó con el acompañamiento del docente de Topografía Álvaro Patiño de la Universidad Pontificia Bolivariana, el ayudó con los puntos de inicio, referencia y amarre. Se realizó una completa observación de la superficie, se incluyó en el plano las características naturales y artificiales, incluidas los detalles importantes que están alrededor de la cancha, tales como postes, cunetas, sistema de alcantarillado(pozos), arboles, antejardines, pasillos etc. Contiene planimetría, altimetría, perfiles y registros fotográficos.

Imagen 7: Estación Topográfica



Fuente. Propia.

Imagen 8: Levantamiento topográfico



Fuente. Propia

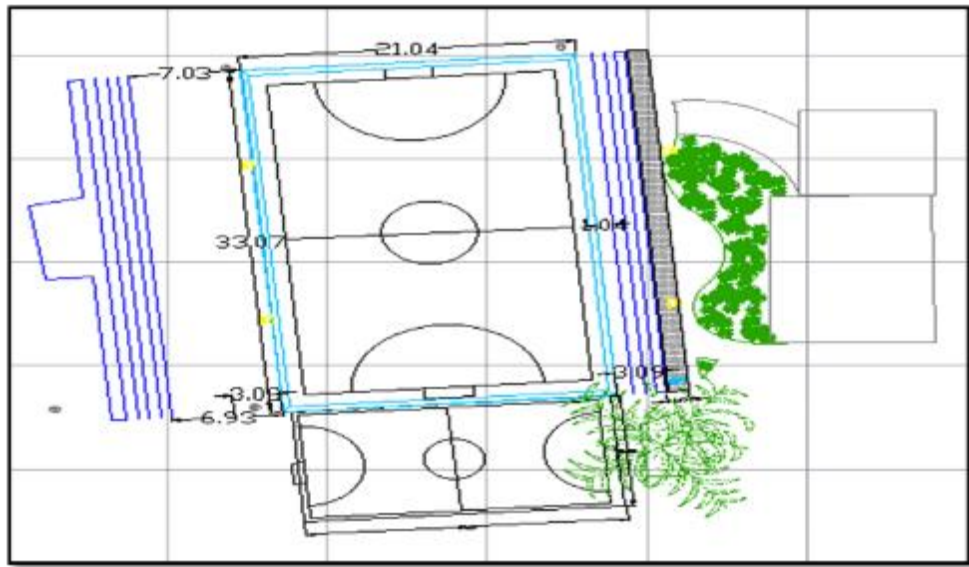


Figura 3: Planos de las dimensiones y características de la cancha

Fuente. Propia.

4.3. Elección del modelo arquitectónico preliminar de la cercha para una cubierta metálica

Se realizó una consulta previa de los diferentes modelos arquitectónicos, presentan varias propuestas al supervisor de la práctica, el sugirió cual podría ser el elemento tipo cercha y el prototipo de perfiles a usar, para escoger la que mejor se adapte a las necesidades del colegio como del estudiante. Para esta parte se utilizaron presentaciones electrónicas.

A continuación, se presentan las diferentes imágenes de cubiertas metálicas contenidas en la presentación electrónica presentada al supervisor de la institución.

Imagen 10: Cubierta plana



Imagen 9: Cubierta curva

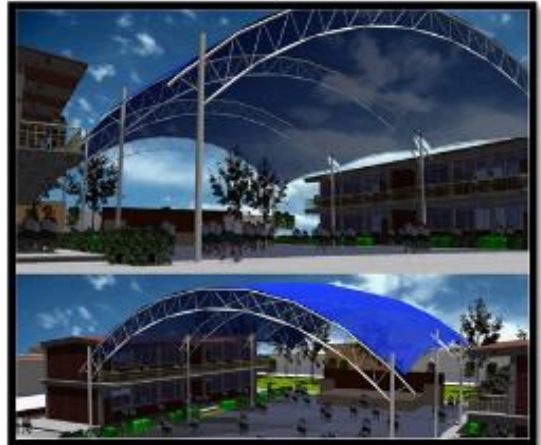


Imagen 11: Cubierta a dos aguas



Imagen 12: Cubierta a dos aguas



Fuente: (Grupo Industrial P y C, 2018), (AC-Ingenieria, 2018).

Para el modelo de la estructura metálica, fue preciso en primera instancia, definir y ajustar los parámetros para los respectivas medidas que contendrá la cubierta metálica, en base de esto se analizaron diferentes modelos arquitectónicos, donde el supervisor por parte de la institución recomendó el modelo de la imagen 12, que fuera un modelo de estructura metálica curva a dos aguas, con elemento tipo cercha que serán tubulares, correas rectangulares, además se definió la medida de luz que será de 28,76 metros, igualmente se le adicionará un voladizo de un 1 metro en cada lado.

4.4. Estudios de suelos

Se realizó un respectivo análisis de cuantos sondeos se realizarían y su respectiva ubicación, se contó con el apoyo del docente Julián Galvis; en esta actividad, la exploración del suelo se llevó a cabo mediante la ejecución de sondeos, por medio del ensayo estándar de penetración (SPT), usando los equipos proporcionados por la Universidad Pontificia Bolivariana, tales como tubería AW Long de 1 metro, cuchara partida, paladruga, llave de tubo, pesa para SPT, guía; se inició con apiques hasta llegar a una profundidad de 1 metro, luego se procedió a instalar el equipo de SPT para la respectiva perforación, se realizaron tres perforaciones de profundidades variables y fueron denominadas S1, S2 Y S3; donde se tomaron muestra cada 0.45 m para luego ser caracterizadas en laboratorio con los respectivos estudios, definidos por las normas colombianas de I.N.V.E Sección 100-Suelos y darnos una mejor perspectiva de las características geológicas y geotécnicas encontradas en el lugar.

4.4.1. Localización del proyecto.

El área de estudio se localiza en el Colegio Santa Isabel de Hungría en el Barrio de Villabel, zona urbana de Floridablanca, Departamento de Santander, sus coordenadas son: 7°04'41" Norte y 73°06'09" Oeste.



Figura 4: Ubicación de proyecto fuente Google Earth

Fuente: tomado Google Earth

4.4.2. Características Geológicas del Sitio de Estudio.

De acuerdo con la geología del mapa geológico, el sector estudiado se localiza sobre depósitos aluviales de terrazas bajas (Qal1), los cuales son depósitos de material dejados por los ríos y quebradas mayores, los cuales se distribuyen de acuerdo con la altura y posición en los valles. Los depósitos aluviales de terrazas bajas (Qal1) conforman el área urbana de Girón, se observan en las márgenes de los ríos de Oro y Frio (valles de Guatiguará y Rio Frio). Además, corresponden estos depósitos a los niveles máximos de inundación alcanzados por las crecientes extraordinarias actuales. Los cortes de terraza, de profundidad inferior a 6 metros, muestran areniscas cuarzosas blancas, amarillentas y resistentes, guijos ígneo-metamórficos, algunas areniscas violáceas y fragmentos de cuarzo lechoso con una disposición no uniforme y algunos lentes arenosos. En el municipio de Floridablanca este nivel se presenta como un depósito de forma alargada, de superficie más o menos plana, de aproximadamente 4 km de longitud por 250 m promedio de ancho, donde se ubican los barrios Bucarica y Lagos II etapa. Este nivel se distribuye aguas abajo por el río Frio, donde presenta un espesor de 6 m, y la quebrada La Estancia, hasta muy cerca de la confluencia con el río de Oro. En dicho sector, está compuesto de gravas arenosas y arenas gravosas, de forma angular a subangular, con algunos bloques de roca de tamaño métrico, de neis y cuarzomonzonita provenientes del macizo de Santander. Corresponde a depósitos aluviales, tipo flujos torrenciales y flujos de escombros, transportados a lo largo del río Frio en época reciente; dicho nivel es susceptible a flujos torrenciales y flujos de escombros. (INGEOMINAS, 2005).

4.4.3. Características Geotécnicas del Sitio de Estudio.

El proyecto se encuentra ubicado sobre una arena de baja plasticidad de tonalidades de café oscuros y pintas rojizas, durante la ejecución de la exploración de campo, se observaron humedades considerables al lado Este de la futura construcción como lo es una pequeña quebrada a 10 metros del perímetro de la cancha, los suelos hallados presentan consistencias medias a altas y plasticidad bajas, se observó un mínimo contenido de Nivel Freático durante el tercer sondeo, la zona no presenta evidencia de movimiento en masa, inestabilidades de taludes o procesos de remoción que afecten la estabilidad del proyecto, el proyecto se localiza en una zona plana con leve inclinación al Este que permite el drenaje de las aguas de forma natural.

Imagen 13: Ubicación del sitio de estudio, Colegio Santa Isabel de Hungría.



Fuente: Propia.

Se realizaron ensayos de clasificación; granulometría y límites de Atterberg, de los cuales se puede concluir que el material presente tiene baja compresibilidad, y sus suelos pese a clasificar como materiales arenosos, presenta un buen comportamiento frente a las cargas proyectadas.

Adicionalmente, se realizaron ensayos de compresión simple, con la finalidad de determinar la resistencia del suelo frente a cargas, de esta manera se conocerá la capacidad portante última del suelo.

Siguiendo con lo establecido en la norma NSR-10, título H, este estudio de suelos se realizó bajo la dirección, supervisión con el criterio del ingeniero Geotecnista, docente y dos estudiantes de ingeniería civil de último semestre de la Universidad Pontificia Bolivariana. La exploración, toma de muestra y ensayos de laboratorio ejecutados, fueron establecidos para el diseño de la cubierta en estructura metálica y se considera suficiente para determinar la profundidad más adecuada para cimentar este tipo de estructura.

4.4.4. Ubicación de los sondeos.

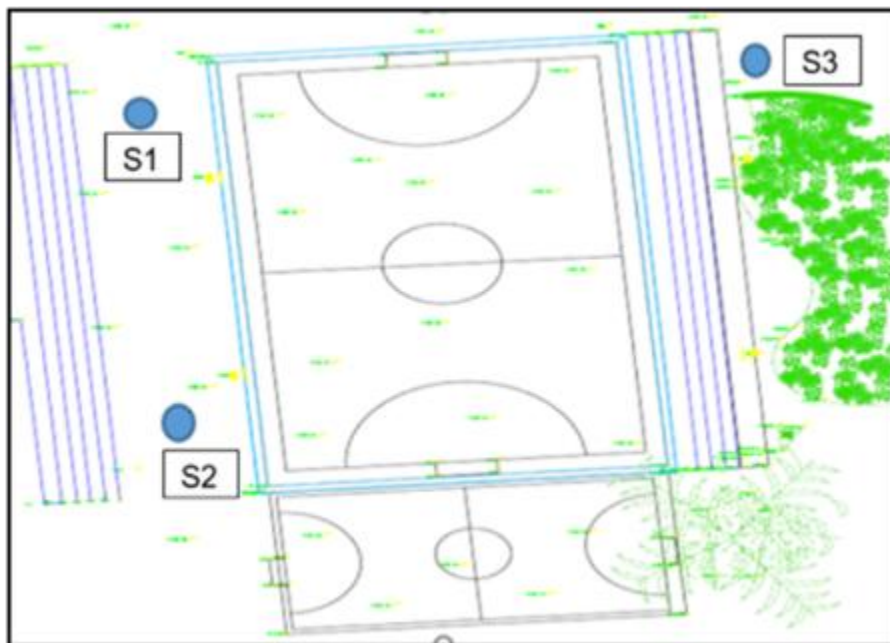


Figura 5: Ubicación de los sondeos.

Fuente. Propia.

Los Sondeos realizados permitieron determinar el tipo de suelos presente bajo la superficie, estos sondeos se realizaron, en las zonas adjuntas a la cancha de concreto, proyectando la posible ubicación de la cimentación de una cubierta en estructura metálica, se han realizado dos sondeos en el costado ESTE y un sondeo en el costado OESTE, encontrando que el perfil del suelo en los tres sondeos es muy similar, y las condiciones de resistencia son muy aceptables.

- Sondeo 1 (lado Este): Se encuentra ubicada en el área proyectada que corresponde a la parte Este, a una profundidad de 2.50 metros, los materiales hallados fueron arenas con presencia mínima de finos y gravas desde el inicio del sondeo hasta la profundidad final.
- Sondeo 2 (lado este): Se encuentra ubicada en el área proyectada que corresponde a la parte Este, a una profundidad de 1.60 metros, los materiales hallados fueron arenas con presencia mínima de finos y gravas desde el inicio del sondeo hasta la profundidad final.
- Sondeo 3 (lado oeste): Se encuentra ubicada en el área proyectada que corresponde a la parte oeste, a una profundidad de 2,45 metros, los materiales hallados fueron arenas con presencia mínima de finos y gravas desde el inicio del sondeo hasta la profundidad final.

4.4.5. Registro de campo.

Tras la ejecución de la exploración en campo se presenta a continuación el perfil estratigráfico de los sondeos.

Se ejecutaron tres sondeos con profundidades finales de 3.0 metros, todos dentro del área del proyecto, estos sondeos se realizaron con recuperación de muestras en cada 0.45 metros.

Tabla 1: profundidad y coordenadas por exploración de sondeos.

Sondeos	Norte	Oeste	Profundidad (m)
Sondeo 1	07°4'46.78"	73°6'14.84"	2.12
Sondeo 2	07°4'46.36"	73°6'15.88"	1.60
Sondeo 3	07°4'47.34"	73°6'14.81"	2.45

Fuente. Propia.

El equipo empleado, dos ayudantes de obra con herramienta manual, bolsas para toma muestra.

4.4.5.1. Registro de sondeos.

Tabla 2: Registro de sondeo 1. cubierta metálica del Colegio Santa Isabel de Hungría

REGISTRO DE SONDEO										
Proyecto:		ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE					Sondeo: S1			
Fecha Trabajos:		7/05/2018					Profundidad: 0,0-2,50 (metros)			
Coordenadas:		Norte: 07°4'46.78"					Este: 73°6'14.84"			
Profundidad(m)		Muestra #	#Golpes(cm)			N SPT	Descripcion Visual			Tipo Muestra
De	Hasta		15	15	15					
0,00	0,20	1	0	0	0	0	Relleno, material de color marrón con tamaños de grano grueso, presenta leve humedad. (extracción manual)			BL
0,20	0,73	2	0	0	0	0	Relleno, material de color marrón con tamaño de grano fino, presenta leve humedad. (extracción manual)			BL
0,73	0,92	3	0	0	0	0	Arena de color marrón con tamaño de grano fino, presenta leve humedad. (extracción manual)			BL
0,92	1,37	4	8	8	9	17	Arena-limosa de color café claro, con humedad baja y plasticidad baja, presencia de roca fragmentadas de color gris claro			SS
1,37	1,82	5	7	9	13	22	Arena-limosa de color café oscuro de humedad media y plasticidad baja			SS
1,82	2,50	6	12	36	20	50	Arena-limosa de color café oscuro con presencia de pequeñas rocas fragmentadas, de humedad media y plasticidad baja.			SS

Fuente. Propia.

Imagen 14: Marcación de sondeo.



Fuente. Propia.

Imagen 15: Ejecución de sondeo.



Fuente. Propia.

Tabla 3: Registro de sondeo 2. cubierta metálica del Colegio Santa Isabel de Hungría

REGISTRO DE SONDEO									
Proyecto:		ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE					Sondeo: S2		
Fecha Trabajos:		7/05/2018					Profundidad: 0,0-1,60 (metros)		
Coordenadas:		Norte: 07°4'46.36"					Este: 73°6'14.81"		
Profundidad(m)		Muestra #	#Golpes(cm)			N SPT	Descripcion Visual	Tipo Muestra	
De	Hasta		15	15	15				
0,00	0,45	1	0	0	0	0	Relleno, material de color marrón con tamaños de grano grueso, presenta leve humedad. (extracción manual)	BL	
0,45	0,73	2	0	0	0	0	Relleno, material de color marrón con tamaño de grano grueso, presenta leve humedad. (extracción manual)	BL	
0,73	1,00	3	0	0	0	0	Arena de color marrón amarillento con tamaño de grano fino, presenta leve humedad. (extracción manual)	BL	
1,00	1,45	4	6	4	10	14	Limo-arenoso de color café con pintas grises, con humedad media y plasticidad baja.	SS	
1,45	1,60	5	50	50	50	50	Limo-arenoso de color café oscuro con presencia mínima de grava y humedad media.	SS	

Fuente. Propia.

Imagen 16: Marcación de sondeo.



Fuente: Propia.

Imagen 17: Ejecución de sondeo.



Fuente: Propia.

Tabla 4: Registro de sondeo 3. cubierta metálica del Colegio Santa Isabel de Hungria.

REGISTRO DE SONDEO										
Proyecto:		ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE					Sondeo: S3			
Fecha Trabajos:		7/05/2018					Profundidad: 0,0-3,00(metros)			
Coordenadas:		Norte: 07°4' 47.34"					Este: 73°6' 14.81"			
Profundidad(m)		Muestra #	#Golpes(cm)			N SPT	Descripcion Visual			Tipo Muestra
De	Hasta		15	15	15					
0,00	0,34	1	0	0	0	0	capa vegetal de color marrón con tamaños de grano grueso, presenta leve humedad.			BL
0,34	0,80	2	0	0	0	0	Arena de color amarillo rojizo con tamaños de grano fino, presenta leve humedad.			BL
0,80	1,10	3	0	0	0	0	Arena de color amarillo rojizo con gris, tamaño de grano grueso, presenta leve humedad.			BL
1,10	1,55	4	2	9	7	16	Arena arcillosa color rojizo, de humedad alta y plasticidad media.			SS
1,55	2,00	5	3	12	11	23	Arcilla de color café oscuro de humedad alta y plasticidad alta, con presencia de nivel freático.			SS
2,00	3,00	6	7	27	28	50	Arcilla de color café oscuro de humedad alta y plasticidad alta, aumento de nivel freático.			SS

Fuente: Propia.

Imagen 18: Marcación de sondeo



Fuente: Propia

Imagen 19: Ejecución de sondeo



Fuente: Propia

4.4.6. Perfil geotécnico.

Para establecer el perfil geotécnico debajo de la estructura, el suelo presente se clasifica según el tipo de perfil, tomando como referencia, los siguientes parámetros: la velocidad media de la onda de cortante, V_s en m/s, el número medio de golpes del ensayo de penetración estándar, N de campo en golpes/pie a lo largo de todo el perfil y la descripción del suelo. Tomando como referencia la norma NSR-10-Título A.

Tabla 5: Clasificación de los perfiles geotécnicos del suelo, tomado NSR-10-Tabla A.2.4-1.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{V}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3$ m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5$ m con Índice de Plasticidad $IP > 75$) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 36$ m)	

Fuente: Propia

Como no se realizaron ensayos dinámicos en laboratorio y tampoco se emplearon métodos geofísicos en campo para la exploración, se determina el valor de la velocidad de corte V_s . Para calcular la magnitud de la onda de corte V_s a partir del ensayo de N de campo, existen numerosas correlaciones basadas en investigaciones de diferentes autores, a continuación, se presentan las más válidas y empleadas:

Tabla 6:Correlaciones para determinar la magnitud de la velocidad de corte Vs.

	Country	Soll Type	Equation	Correlation Coefficient
Sedd et al (1983)	----	----	$V_s=56N^{0.5}$	----
Jefari et al (1997)	Irán	----	$V_s=22N^{0.85}$	----
Hasansevy & Ulusay (2007)	Turkey	Quaternary Aluvium and Detritus	$V_s=90N^{0.308}$	0.73

Fuente: DE JONG, J.T. (2007)- Site Characterization – Guidelines for Estimating Vs Based on In-Situ Tests Stage 1 – Interim Report- UC. Davis, 2007.

Se emplean tres correlaciones y se promedian dichos valores, para obtener un solo perfil de velocidades en profundidad, como se observan que los valores de N de campo no discrepan considerablemente entre los tres sondeos, se realiza un solo perfil de velocidades de onda Vs y profundidad. A continuación, se presentan los resultados de las velocidades de corte de los tres sondeos, donde se puede observar la similitud entre los datos.

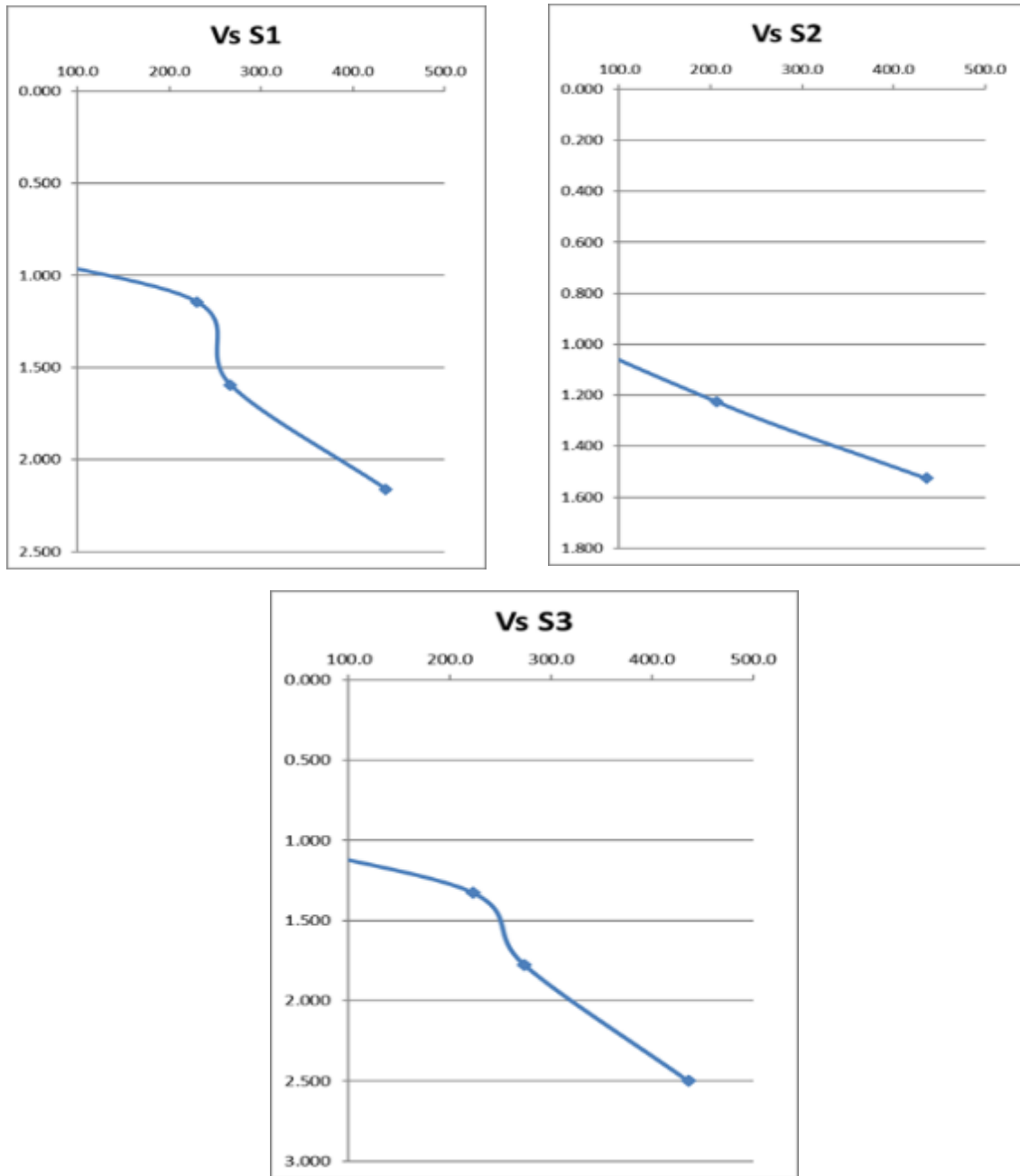
Tabla 7:Resultados de Vs de casa sondeo en función de la profundidad.

Sondeo	Profundidad (m)			golpes/pie			N ₄₅	Seed et al (1983)	Jefari et al (1997)	Hasansevy & Ulusay (2007)	Vs Promedio(m/s)
	de	a	media	1	2	3					
S1	0.92	1.37	1.145	8	8	9	17	230.9	244.5	215.4	230.3
S1	1.37	1.82	1.595	7	9	13	22	262.7	304.4	233.2	266.8
S1	1.82	2.50	2.160	12	36	20	50	396.0	611.7	300.3	436.0
S2	1.00	1.45	1.225	6	4	10	14	209.5	207.3	202.9	206.6
S2	1.45	1.60	1.525	50	50	50	50	396.0	611.7	300.3	436.0
S3	1.10	1.55	1.325	2	9	7	16	224.0	232.2	211.4	222.5
S3	1.55	2.00	1.775	3	12	11	23	268.6	316.1	236.4	273.7
S3	2.00	3.00	2.500	7	27	28	50	396.0	611.7	300.3	436.0

Fuente: Propia

A continuación, se presentan las gráficas de velocidades de onda de corte Vs versus la Profundidad:

Figura 6: Velocidades de onda cortante V_s en función de la profundidad de exploración, valores a partir de N de campo y correlaciones.



Fuente: Propia

El perfil de suelo existente en el sitio del estudio se clasifica como perfil tipo D, los valores de las velocidades de corte se encuentran entre 200 y 436 m/s, los valores de N de capo se encuentran entre 15 y 50 golpes/pie, suelos de consistencia rígidos.

4.4.7. Efectos locales:

Se asignan los coeficientes de aceleración horizontal y vertical, coeficientes de amplificación del espectro por efectos de sitio, F_a y F_v , y el coeficiente de importancia (I). Los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación deben evaluarse con base en los perfiles de suelo. Tomando como referencia la norma NSR-10 Capítulo A, y la clasificación del perfil geotécnico, a continuación, se presentan los valores de F_a y F_v :

Tabla 8: Nivel de amenaza sísmica según valores de A_a y de A_v para las ciudades capitales de departamento.

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Bucaramanga	0,25	0,25	Alta

Fuente: NRS-capítulo A.2-Zonas de amenazas sísmicas y movimientos sísmicos de Diseño, tabla A.2.3-2.

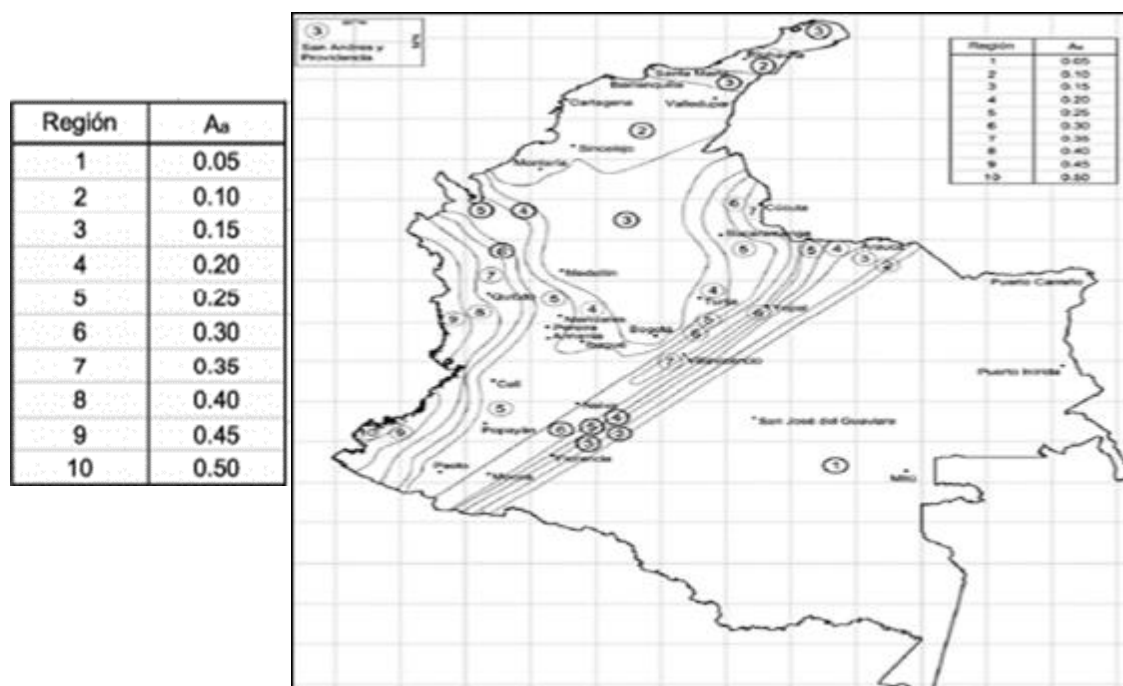


Figura 7: Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a función de A_a y edificaciones para la NSR-10 en A_v

Fuente: NRS-capítulo A.2-Zonas de amenazas sísmicas y movimientos sísmicos de Diseño.

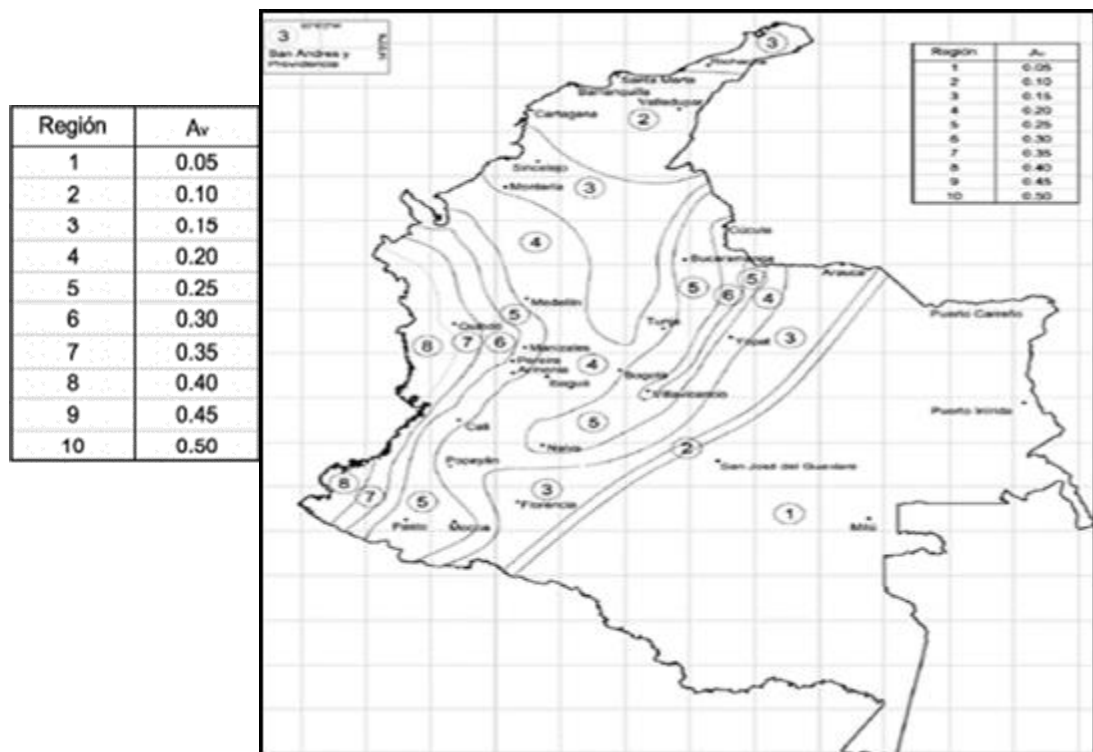


Figura 8: Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a función de A_a y edificaciones para la NSR-10 en A_v

Fuente: NRS-capítulo A.2-Zonas de amenazas sísmicas y movimientos sísmicos de Diseño.

Floridablanca Santander se encuentra entre la frontera de amenaza sísmica alta ilustrados en el mapa anterior con números de referencia en la zona 5 con valores de $A_a=0.25$, $A_v=0.25$ entre el tramo Bucaramanga Santander, de esta manera se opta por escoger el valor más conservador para garantizar el mejor desarrollo de la obra, dando como resultado un A_a (coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño) = 0.25 y A_v (coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño) = 0.25.

Los coeficientes de amplificación que afectan la aceleración en la zona de periodos cortos y periodos intermedios debido a los efectos de sitio:

Fa=1.3

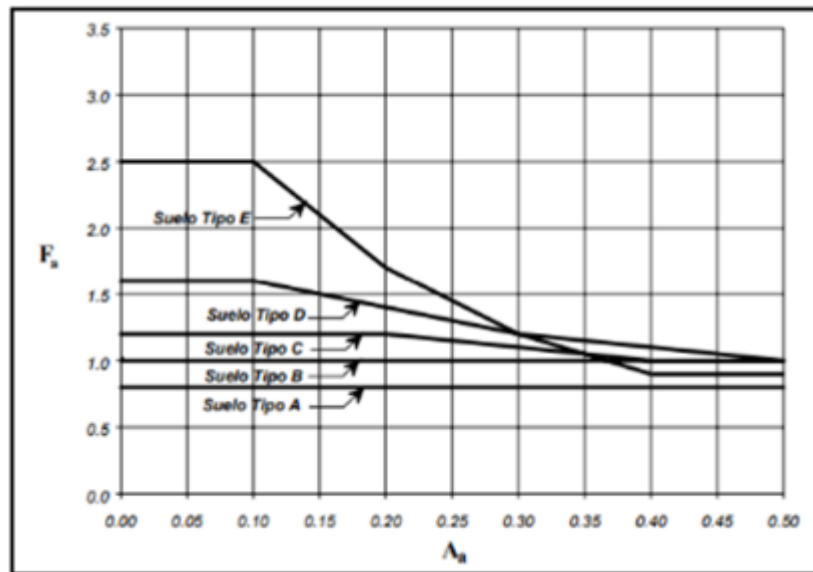


Figura 9: Coeficiente de amplificación F_a correspondientes a la ciudad de Bucaramanga perfil D, para la zona de periodos cortos del espectro

Fuente: NRS-capítulo A.2.4-1 Coeficiente de amplificación F_a del suelo para la zona de periodos cortos del espectro.

Fv:1.90

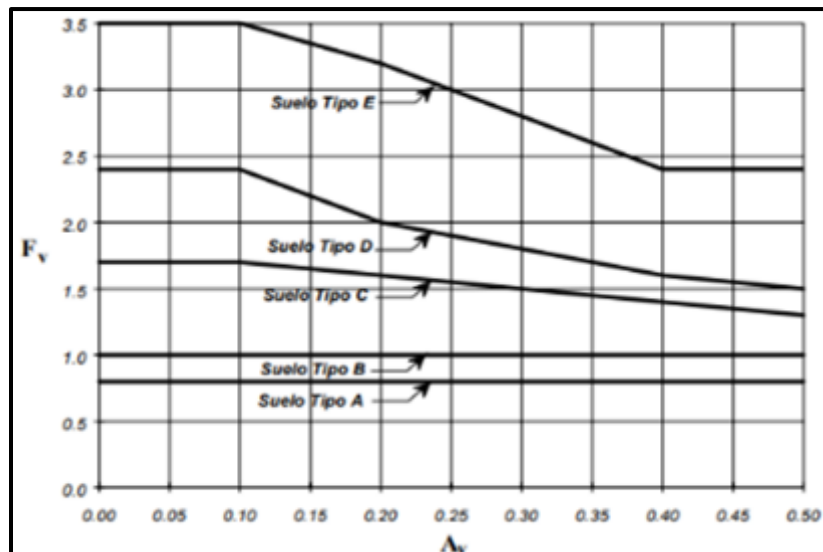


Figura 10: Coeficiente de amplificación F_v correspondientes a la ciudad de Bucaramanga perfil D, para la zona de periodos intermedios del espectro

Fuente: NRS-capítulo A.2.4-2 Coeficiente de amplificación F_v del suelo para la zona de periodos intermedios del espectro.

El coeficiente de importancia, de acuerdo con el grupo de uso a que esté asignada la estructura

Tabla 9: valores de coeficiente de importancia.

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Fuente: NRS-capítulo A.2.5-1 valores de coeficiente de importancia.

El coeficiente de importancia correspondiente a la estructura metálica es: 1.0

4.4.8. Ensayos y resultados de laboratorio:

Una vez realizado el ensayo estándar de penetración (SPT), se toman varias muestras del suelo, las cuales son llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, donde se practican los ensayos que permiten la caracterización del suelo. Los ensayos realizados a las muestras de suelo tomadas son: Humedad natural, límites de Atterberg, Granulometría, Peso Unitario y compresión simple. Los resultados de estos ensayos realizados para cada sondeo se consignan en los registros de perforación, a continuación, se muestran estos resultados por sondeo.

4.4.8.1. Granulometría:

se realizaron ocho pruebas de ensayo granulométrico por medio de tamizado especificado por la norma INV-E-123 – 2013, con lavado por malla N° 200. Durante la ejecución de los sondeos y realización de los ensayos de laboratorio, es evidente que predomina el material arenoso con intercalaciones de pocas gravas, los cálculos de tipo de fundación y capacidad portante que se presentan más adelante se realizan con base en las propiedades que aporte el material predominante clasificado como arenoso.

La variación de volumen de un suelo cohesivo es aproximadamente proporcional al cambio de contenido de humedad, el limite liquido es el contenido de humedad con el cual el suelo deja de ser líquido y pasa a plástico, el limite plástico es el contenido de humedad con el cual el suelo deja de ser plástico y se convierte en solido semiplastico, al realizar los ensayos de laboratorio, los suelos se clasifican como suelos de plasticidad baja: valores de Limites líquidos cercanos a la frontera (30%). La humedad natural promedio de los materiales es del 25%, se identificó nivel freático a los 2 metros del sondeo 3, el material no se encuentra saturado.

La tabla muestra los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio, donde se presentan las fracciones de grava, arena, finos y los límites de Atterberg que contiene cada una de las muestras obtenidas de los sondeos.

Tabla 10: Resultados de laboratorio por sondeo.

Nomenclatura	Muestra				SU CS	w _n (%)	% Grava	% Arena	% Fino	LL (%)	LP (%)	IP (%)
	No	de	a	Prof. Media (m)								
S1-M1	1	0.00	0.20	0.100	S	22.61	6.08	91.79	2.13	23.48	22.88	0.6
S1-M2	2	0.20	0.73	0.465	S	21.76	8.78	90.36	0.85	23.32	18.66	4.66
S2-M1	1	0.00	0.45	0.225	S	26.8	7.35	90.86	1.69	27.77	21.06	6.71
S2-M2	2	0.45	0.73	0.590	S	33.83	11.6	87.29	1	29.67	23.08	6.59
S2-M3	3	0.73	1.00	0.865	S	24.65	0.28	97.5	2.06	25.84	21.96	3.88
S3-M1	1	0.00	0.34	0.170	S	32.07	7.24	90.65	1.86	33.41	25.08	8.33
S3-M2	2	0.34	0.80	0.570	S	26.67	0.31	97.07	2.51	27.11	21.63	5.48
S3-M3	3	0.80	1.10	0.950	S	23.06	4.45	94.53	0.87	24.98	19.26	5.72

Fuente: propia

Con los porcentajes de material que pasa por cada uno de los tamices de la serie utilizada y la abertura de estos, se procedió a graficar los resultados de la granulometría correspondiente a cada ensayo, en las siguientes figuras.

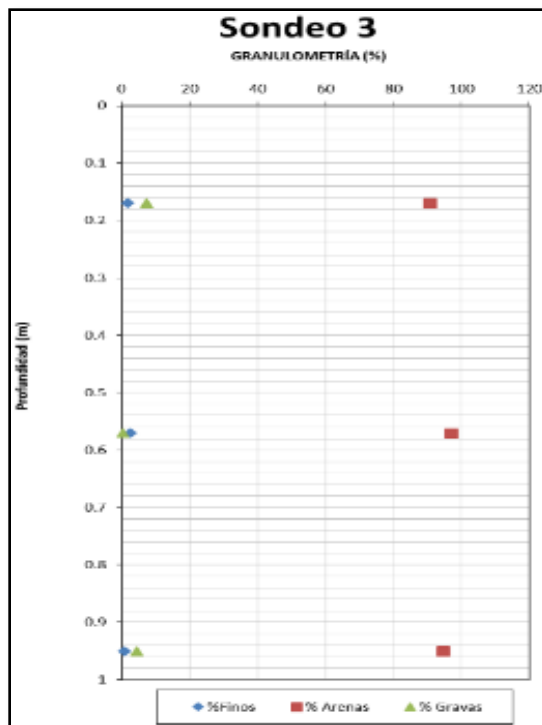
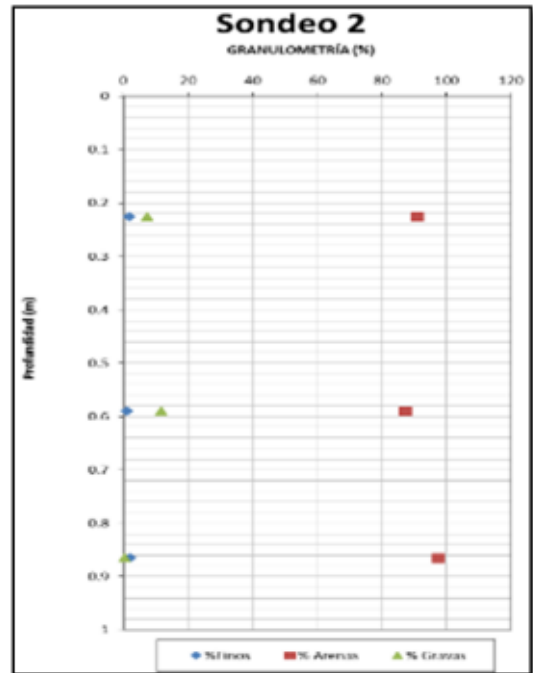
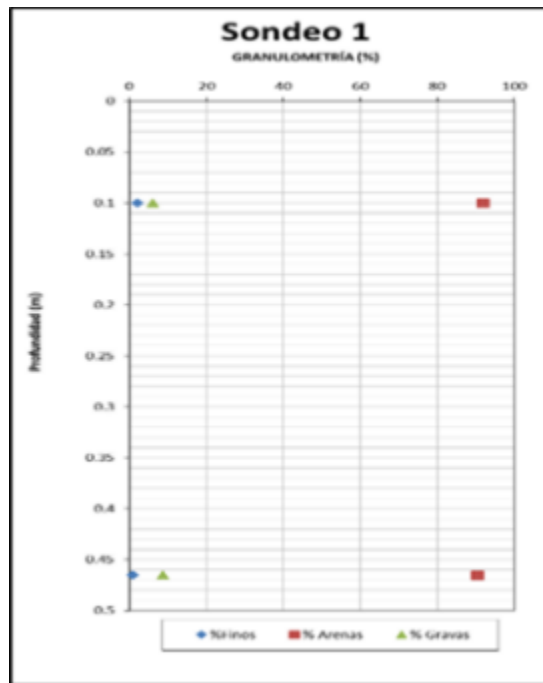


Figura 11: Resultado de las granulometrías.

Fuente: propia.

4.4.8.2. Límites de consistencia

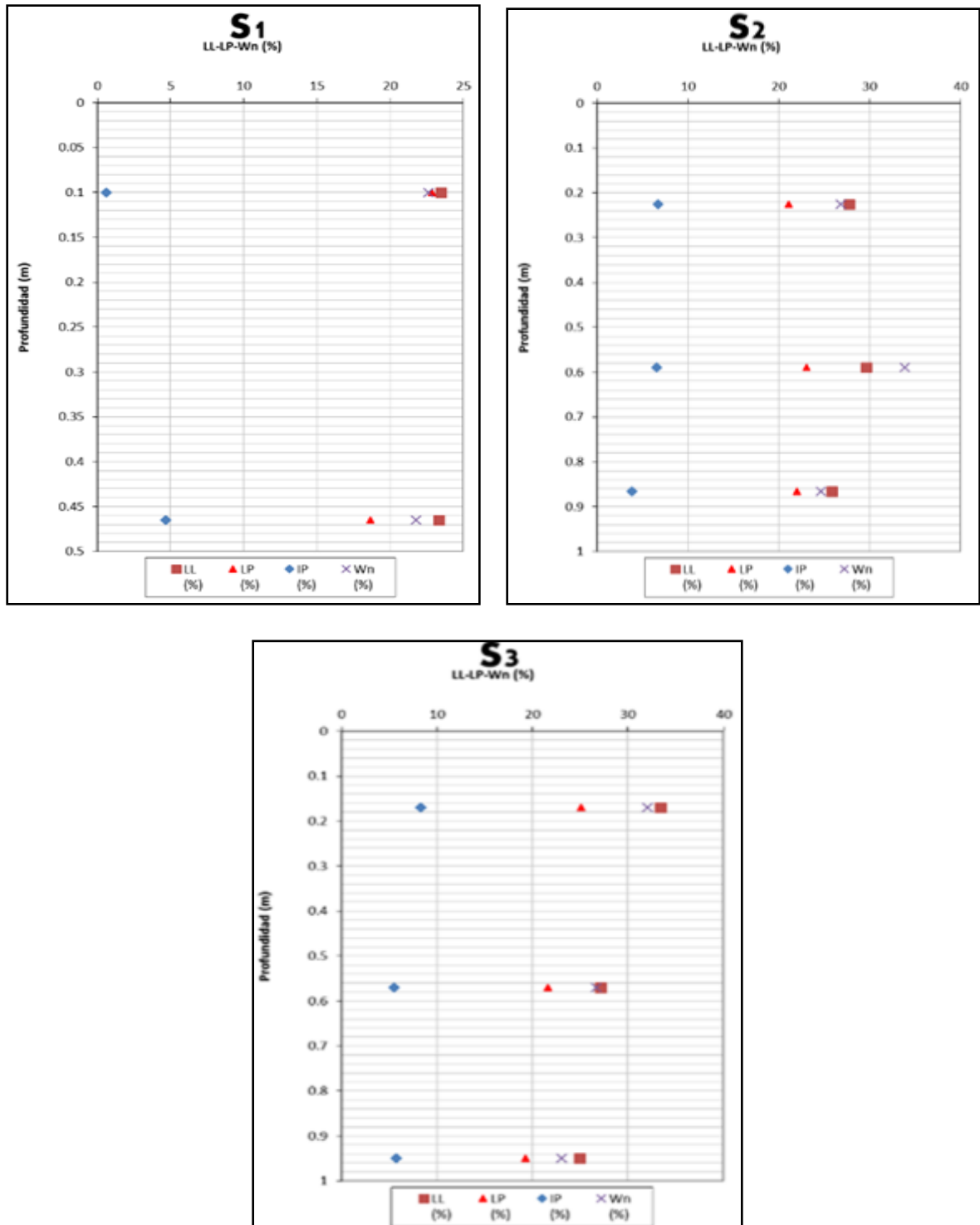


Figura 12: Límites de consistencia, materiales Sondeo 1, Sondeo 2 y Sondeo 3

Fuente: propia

4.4.8.3. Resistencia a la compresión de suelos:

En las siguientes graficas se muestran la relación entre esfuerzos de compresión y la deformación, donde el **Qu (Kg/cm²)**, es el valor del esfuerzo de compresión máximo y **Cu(Kg/cm²)** es el resultado de **(Qu/2)**. Para mayor detalle se presenta en los anexos 13,14,15,16 y 17, las tablas correspondientes a cada gráfica.

Qu (Kg/cm²)	1.403
Cu (Kg/cm²)	0.702



Figura 13: Grafica de ensayo de compresión inconfiada. Sondeo 1-Muestra 4

Fuente: propia

Qu (Kg/cm²)	4,607
Cu (Kg/cm²)	2,304

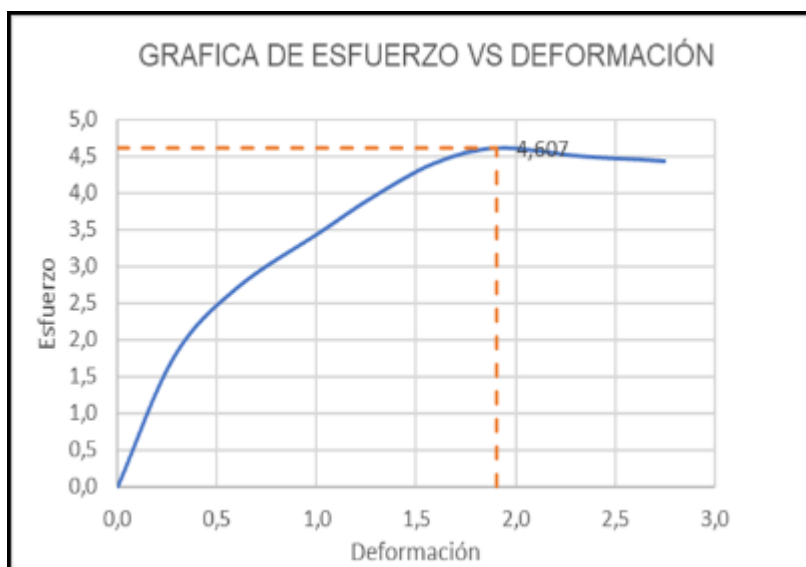


Figura 14: Grafica de ensayo de compresión inconfiada. Sondeo 1-Muestra 6

Fuente: propia.

Qu (Kg/cm²)	2,62
Cu (Kg/cm²)	1,31

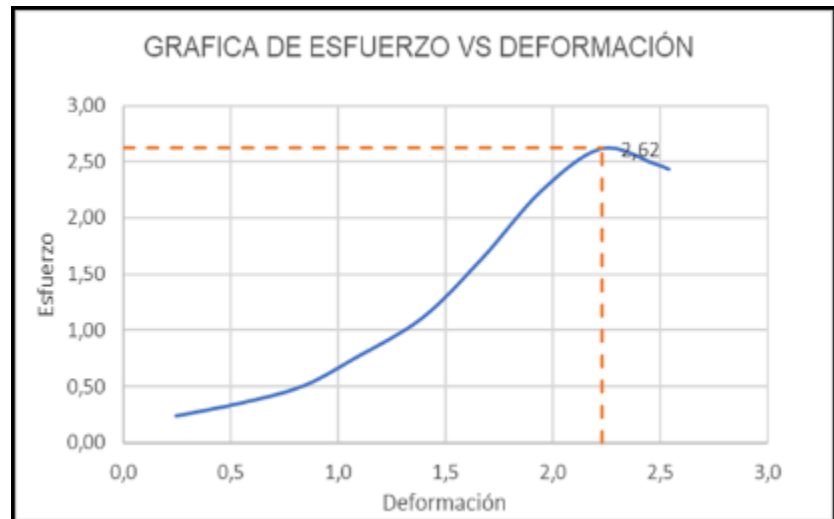


Figura 15: Resultados de ensayo de compresión inconfiada. Sondeo 2-Muestra 4

Fuente: propia

Qu (Kg/cm²)	0,86
Cu (Kg/cm²)	0,43

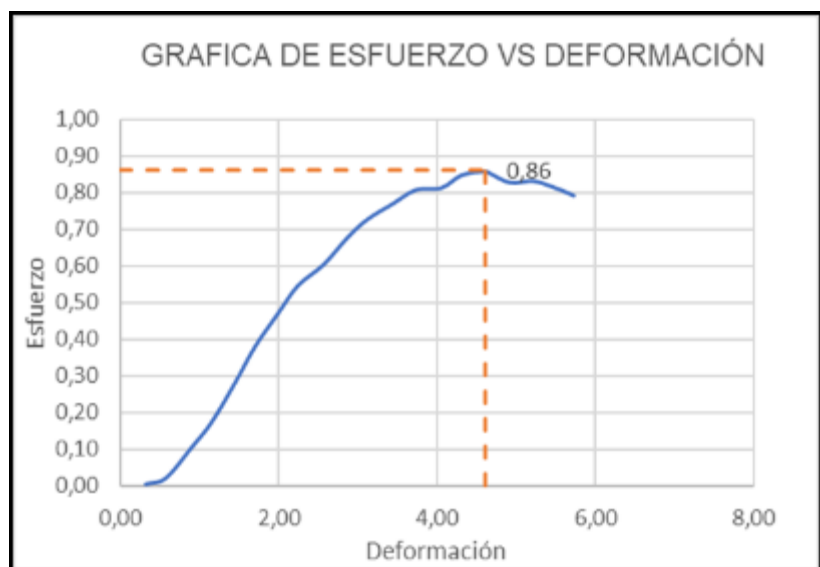


Figura 16:Resultados de ensayo de compresión inconfínada. Sondeo 3-Muestra 4

Fuente: propia

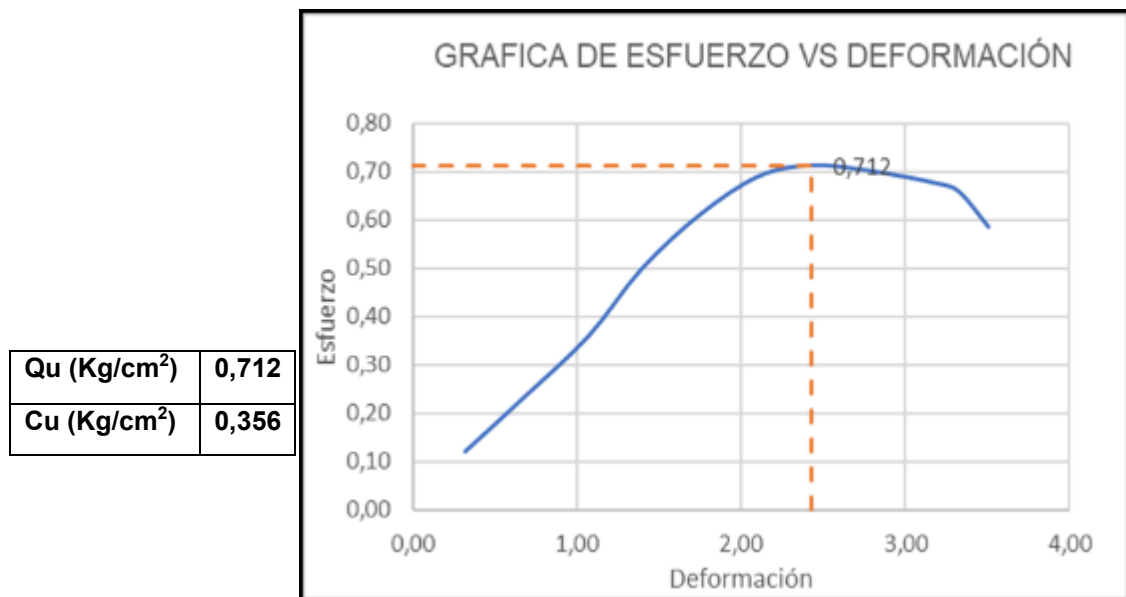


Figura 17:resultados de ensayo de compresión inconfínada. Sondeo 3-Muestra6.

Fuente: propia

Tabla 11:Resumen del valor de **Qu** y **Cu** por cada Sondeo.

Sondeo	Valor de Qu	Valor de Cu
Sondeo # 1.	qu (Kg/cm ²) =4,6	Cu (Kg/cm ²) =2,3
Sondeo # 2.	qu (Kg/ cm ²) =2,62	Cu (Kg/ cm ²) =1,31
Sondeo # 3.	qu (Kg/ cm ²) =0,712	Cu (Kg/ cm ²) =0,356

Fuente: propia

4.4.9. Características Geotécnicas:

Durante la ejecución de los sondeos, se ejecutó el ensayo de campo SPT, con el cual se logró recuperar muestras y determinar la resistencia a la penetración con el número de golpes por pie (golpes cada 15 cm), A continuación, se muestran los resultados del ensayo de penetración estándar de campo realizado para los tres sondeos y su respectiva grafica con el número de golpes por pie, que registro cada ensayo in situ en los sondeos realizados.

Tabla 12:Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 1.

Sondeo	Profundidad (m)			golpes/pie			N ₄₅
	de	a	media	1	2	3	
S1	0.00	0.20	0.100	0	0	0	0
S1	0.20	0.73	0.465	0	0	0	0
S1	0.73	0.92	0.825	0	0	0	0
S1	0.92	1.37	1.145	8	8	9	17
S1	1.37	1.82	1.595	7	9	13	22
S1	1.82	2.50	2.160	12	36	20	50

Fuente: propia

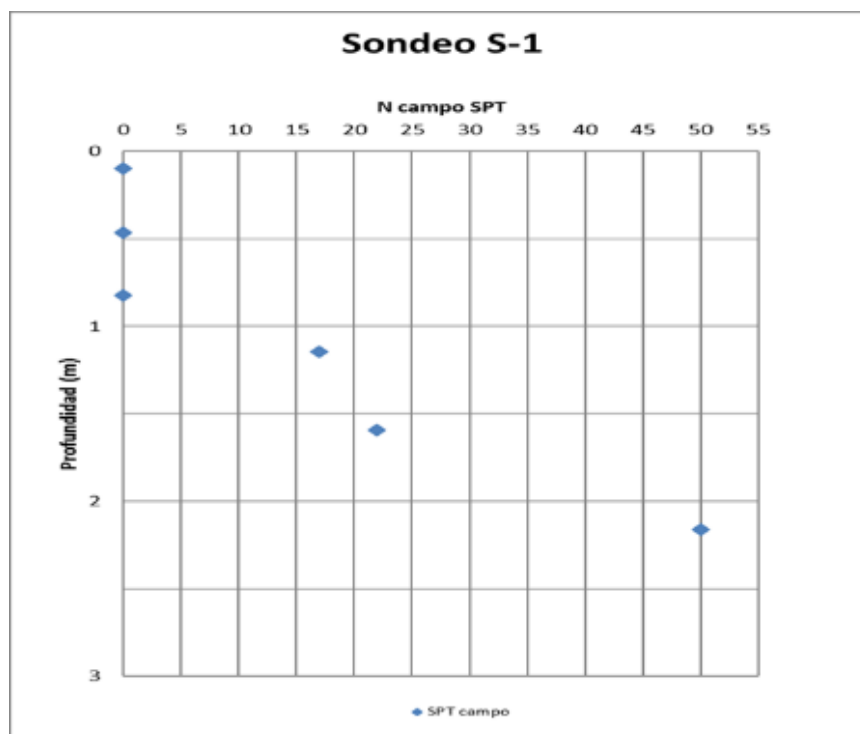


Figura 18:Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 1

Fuente: propia

Tabla 13:Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 2.

Sondeo	Profundidad (m)			golpes/pie			N ₄₅
	de	a	media	1	2	3	
S2	0.00	0.45	0.225	0	0	0	0
S2	0.45	0.73	0.590	0	0	0	0
S2	0.73	1.00	0.865	0	0	0	0
S2	1.00	1.45	1.225	6	4	10	14
S2	1.45	1.60	1.525	50	50	50	50

Fuente: propia

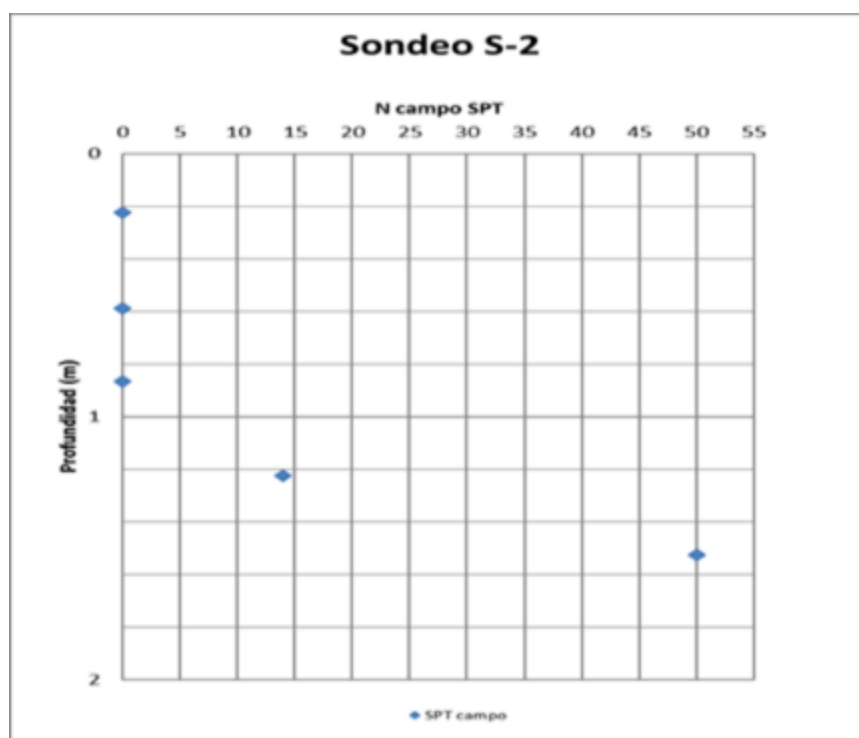


Figura 19:Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 2

Fuente: propia

Tabla 14:Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 3.

Sondeo	Profundidad (m)			golpes/pie			N ₄₅
	de	a	media	1	2	3	
S3	0.00	0.34	0.170	0	0	0	0
S3	0.34	0.80	0.570	0	0	0	0
S3	0.80	1.10	0.950	0	0	0	0
S3	1.10	1.55	1.325	2	9	7	16
S3	1.55	2.00	1.775	3	12	11	23
S3	2.00	3.00	2.500	7	27	28	50

Fuente: propia

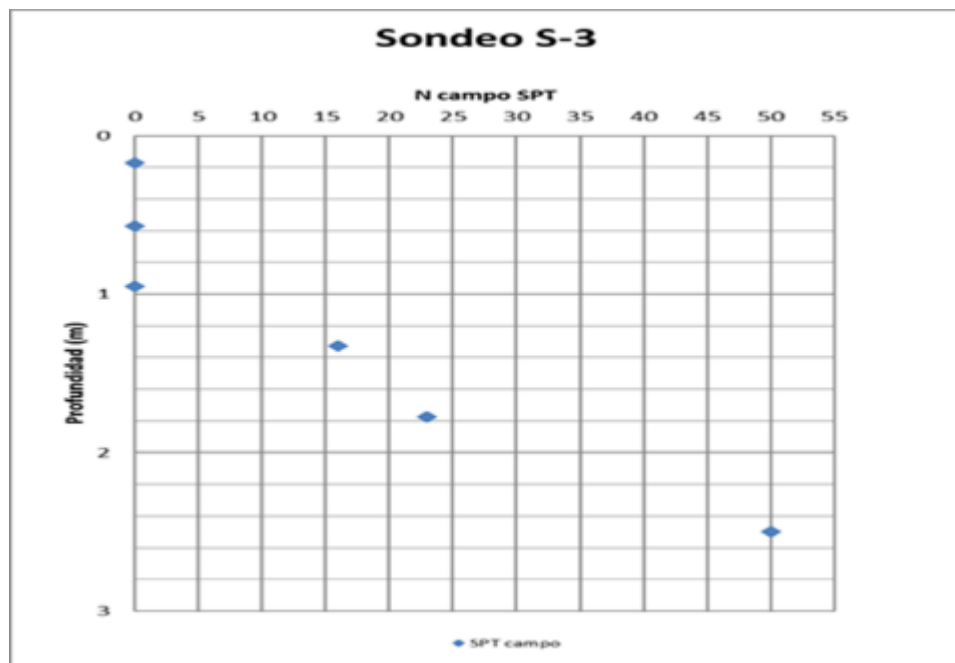


Figura 20:Resultados de ensayos de campo SPT, Sondeo 3

Fuente: propia

4.4.10. Análisis Geotécnico:

Se presenta la recomendación del tipo de fundación y los cálculos de la capacidad portante.

4.4.10.1. Tipo de Estructura y Cargas Estimadas:

Una estructura metálica debe ser estable, resistente y rígida, donde la mayoría de las partes que la forman son materiales metálicos, normalmente acero. Este tipo de estructura es muy utilizada por tener excelentes características para la construcción, son muy funcionales y su coste de producción suele ser más económico que otro tipo de estructuras, el esfuerzo transmitido al suelo es considerablemente menor por tratarse de este tipo de estructura de bajo peso.

4.4.10.2. Cálculo de Capacidad Portante:

Con la información anteriormente mencionada, se realiza el cálculo de la capacidad portante del suelo de fundación empleando cimentación superficial aislada sobre suelos arenosos, se evidencio nivel freático en el tercer sondeo a los 2 metros, la profundidad de implantación mínima recomendada es a -2.0 metros desde el nivel actual de la sub rasante, tomando como la cota 0.0 m el nivel de la cancha en concreto, esta profundidad puede variar siempre y cuando se observen condiciones no aptas para la implantación de la cimentación. Del ensayo de compresión inconfiada se halló la capacidad de carga ultima (q_u), con la cual se realiza el cálculo del valor de $C_u = q_u/2$ (cohesión no drenada) para los materiales finos cohesivos, el valor del peso específico del suelo húmedo γ_1 y γ_2 Con estos datos y los factores de Forma, se evalúan diferentes dimensiones de cimentaciones para así tener un esquema amplio a la hora de elegir el adecuado, dando como resultado el cálculo del Q_u (carga última) y un Q_{adm} (carga última admisible) el cual sirve para calcular los asentamientos inmediatos de la estructura.

Ecuación General de la Capacidad de Carga por Terzaghi.

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Fuente: principios de ingeniería de Cimentaciones, Cuarta Edición, Braja M. Das.

Dónde: c = cohesión.
 q =Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación.
 γ =Peso específico del suelo.
 B = Ancho de la cimentación.
 $F_{cs} F_{qs} F_{\gamma s}$ = Factores de forma.

FcdFqdFYd =Factores de profundidad.
 FciFqiFYi= Factores de inclinación de carga.
 NcNqNY= Factores de capacidad de carga.

4.4.10.3. Cálculo de capacidad portante para cimientos aislados, tomando como referencia el sondeo 1:

En el caso específico de este sondeo, se recomienda implantar la cimentación a una profundidad de entre 2.0 metros, donde se encuentra un estrato de arenas de baja compresibilidad y el valor del $q_u=4.6 \text{ Kg/cm}^2=451.26 \text{ KN/m}^2$, los anchos del cimiento que se evalúan van desde 1.0 x 1.0 metros de lado por lado hasta 2.0 x 2.0 metros de lado por lado, esto con el objetivo de tener diferentes valores para diferentes tipos de cimientos. Para un N de 50 golpes, el valor de C_u es de 23 t/m^2 obtenido de un ensayo de compresión inconfiada el cual nos proporciona una mayor confiabilidad. no se trabaja con el Angulo de fricción debido a que se quieren tener valores conservadores.

Tabla 15:Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 1.

C (KN/m ²)	ϕ (°)	B (m)	B/L	Df (m)	γ_1 (KN/m ³)	γ_2 (KN/m ³)	Qu (KN/m ²)	Qadm (KN/m ²)	Padm (KN)
225,63	0,00	1,00	1,00	2,00	20,90	20,90	2040,69	680,23	680,23
225,63	0,00	1,20	1,00	2,00	20,90	20,90	1998,15	666,05	959,11
225,63	0,00	1,40	1,00	2,00	20,90	20,90	1959,19	653,06	1280,00
225,63	0,00	1,60	1,00	2,00	20,90	20,90	1923,71	641,24	1641,57
225,63	0,00	1,80	1,00	2,00	20,90	20,90	1891,53	630,51	2042,86
225,63	0,00	2,00	1,00	2,00	20,90	20,90	1981,32	660,44	2641,75

Fuente: propia

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 60 t/m^2 valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

4.4.10.4. Cálculo de capacidad portante para cimientos aislados, tomando como referencia el sondeo 2:

En el caso específico de este Sondeo, se recomienda implantar la cimentación a una profundidad de entre 2.0 metros, donde se encuentra un estrato de arenas de baja compresibilidad y el valor del $q_u=2.62 \text{ Kg/cm}^2=257 \text{ KN/m}^2$, los anchos del cimiento que se evalúan van desde 1.0 x 1.0 metros de lado por lado hasta 2.0 x 2.0 metros de lado por lado, esto con el objetivo de tener diferentes valores para diferentes tipos de cimientos. Para un N de 50 golpes, el valor de C_u es de 13 t/m^2 obtenido de un ensayo de compresión inconfiada el cual nos proporciona una mayor confiabilidad. no se trabaja con el Angulo de fricción debido a que se quieren tener valores conservadores.

Tabla 16: Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 2.

C (KN/m ²)	φ (°)	B (m)	B/L	Df (m)	γ1 (KN/m ³)	γ2 (KN/m ³)	Qu (KN/m ²)	Qadm (KN/m ²)	Padm (KN)
128,51	0,00	1,00	1,00	2,00	22,46	22,46	1183,41	394,47	394,47
128,51	0,00	1,20	1,00	2,00	22,46	22,46	1159,18	386,39	556,41
128,51	0,00	1,40	1,00	2,00	22,46	22,46	1136,99	379,00	742,83
128,51	0,00	1,60	1,00	2,00	22,46	22,46	1116,78	372,26	952,99
128,51	0,00	1,80	1,00	2,00	22,46	22,46	1098,46	366,15	1186,33
128,51	0,00	2,00	1,00	2,00	22,46	22,46	1149,59	383,20	1532,79

Fuente: propia

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 40 t/m²: valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

4.4.10.5. Cálculo de capacidad portante para cimientos aislados, tomando como referencia el sondeo 3:

En el caso específico de este Sondeo, se recomienda implantar la cimentación a una profundidad de entre 2,5 metros, donde se encuentra un estrato de arenas de baja compresibilidad y el valor del $q_u = 0,712 \text{ Kg/cm}^2 = 69,84 \text{ KN/m}^2$, los anchos del cimiento que se evalúan van desde 1.0 x 1.0 metros de lado por lado hasta 2.0 x 2.0 metros de lado por lado, esto con el objetivo de tener diferentes valores para diferentes tipos de cimientos. Para un N de 50 golpes, el valor de C_u es de 3,56 t/m² obtenido de un ensayo de compresión inconfiada el cual nos proporciona una mayor confiabilidad. no se trabaja con el Angulo de fricción debido a que se quieren tener valores conservadores.

Tabla 17: Capacidades portantes; ultima, admisible y carga máxima admisible, tomando sondeo 3.

C (KN/m ²)	φ (°)	B (m)	B/L	Df (m)	γ1 (KN/m ³)	γ2 (KN/m ³)	Qu (KN/m ²)	Qadm (KN/m ²)	Padm (KN)
69,85	0,00	1,00	1,00	2,50	21,60	21,60	687,08	229,03	229,03
69,85	0,00	1,20	1,00	2,50	21,60	21,60	675,58	225,19	324,28
69,85	0,00	1,40	1,00	2,50	21,60	21,60	664,78	221,59	434,32
69,85	0,00	1,60	1,00	2,50	21,60	21,60	654,69	218,23	558,66
69,85	0,00	1,80	1,00	2,50	21,60	21,60	645,30	215,10	696,92
69,85	0,00	2,00	1,00	2,50	21,60	21,60	636,60	212,20	848,80

Fuente: propia.

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 20 t/m²: valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

4.4.10.6. Cálculo de Asentamientos.

A continuación, se presenta el cálculo de los asentamientos que se puedan presentar en la estructura a intervenir, tras la ejecución de los sondeos se observó que suelo de fundación corresponde a arenas no saturadas, lo anterior no representa la probabilidad de que se tengan asentamientos por consolidación en el tiempo, pero sin embargo a continuación se presentan los asentamientos inmediatos que podrían llegar a presentarse. Tomando como referencia las cargas máximas de cada cimentación anteriormente calculada, se determina el asentamiento inmediato bajo el cimiento.

4.4.10.7. Cálculo de asentamientos inmediatos de los cimientos aislados, tomando como referencia el sondeo 1, sondeo 2 y sondeo 3:

Los asentamientos esperados en el caso hipotético que la cimentación se encuentre bajo carga admisible máxima son (S_e mm):

Tabla 18: Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 1, y cálculo de capacidad portante.

B (m)	Qadm (KN/m ²)	Es (KN/m ²)	$\mu\sigma$	L/B	$\alpha\rho$	Se (mm)	Módulo de reacción KN/m ³
1,00	680,23	60000,00	0,35	1,00	0,988	9,82	69239,08
1,20	666,05	60000,00	0,35	1,00	0,988	11,54	57699,24
1,40	653,06	60000,00	0,35	1,00	0,988	13,20	49456,49
1,60	641,24	60000,00	0,35	1,00	0,988	14,82	43274,43
1,80	630,51	60000,00	0,35	1,00	0,988	16,39	38466,16
2,00	660,44	60000,00	0,35	1,00	0,988	19,08	34619,54

Fuente: propia

Asentamiento máximo de 2.0 cm, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios.

Tabla 19: Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 2, y cálculo de capacidad portante.

B (m)	Qadm (KN/m ²)	Es (KN/m ²)	$\mu\sigma$	L/B	α_p	Se (mm)	Módulo de reacción KN/m ³
1,00	394,47	60000,00	0,35	1,00	0,988	5,70	69239,08
1,20	386,39	60000,00	0,35	1,00	0,988	6,70	57699,24
1,40	379,00	60000,00	0,35	1,00	0,988	7,66	49456,49
1,60	372,26	60000,00	0,35	1,00	0,988	8,60	43274,43
1,80	366,15	60000,00	0,35	1,00	0,988	9,52	38466,16
2,00	383,20	60000,00	0,35	1,00	0,988	11,07	34619,54

Fuente: propia

Asentamiento máximo de 1.0 cm, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios.

Tabla 20: Asentamientos inmediatos en la cimentación, información de referencia sondeo 3, y cálculo de capacidad portante.

B (m)	Qadm (KN/m ²)	Es (KN/m ²)	$\mu\sigma$	L/B	α_p	Se (mm)	Módulo de reacción KN/m ³
1,00	229,03	60000,00	0,35	1,00	0,988	3,31	69239,08
1,20	225,19	60000,00	0,35	1,00	0,988	3,90	57699,24
1,40	221,59	60000,00	0,35	1,00	0,988	4,48	49456,49
1,60	218,23	60000,00	0,35	1,00	0,988	5,04	43274,43
1,80	215,10	60000,00	0,35	1,00	0,988	5,59	38466,16
2,00	212,20	60000,00	0,35	1,00	0,988	6,13	34619,54

Fuente: propia

Asentamiento máximo de 0.7 cm, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios.

Tabla 21: Valores orientativos de N_{spt} , Resistencia a Compresión simple y Modulo de Elasticidad de suelos.

Tipo de Suelo	Resistencia a Compresión Simple, q_u (KN/m ²)	Módulo de Elasticidad, E(MN/m ²)
Suelos Medios	150-300	40-100

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutoriales/geotecnia.html#compresion>.

4.4.10.8. SUSCEPTIBILIDAD FRENTE AL EVENTO DE LICUEFACCION:

Concepto: Pérdida dramática de resistencia debido al incremento de presión de poros bajo condiciones de carga no-drenada; Cargas sísmicas inducen LICUACIÓN en arenas y limos sueltos y saturados, a continuación, se realiza la evaluación frente al fenómeno de licuación para los depósitos de material hasta una profundidad de 3 metros.

Siguiendo los conceptos acerca de evaluación de la susceptibilidad a la licuación de las características de los materiales encontrados y sus circunstancias expuestas en la NSR-10, y teniendo en cuenta que no todos los suelos son licuables se realiza la siguiente lista de chequeo:

Acorde con la información obtenida en el estudio de suelos, el material predominante en el sitio del proyecto son arenas con presencia mínima de algunos finos y gravas, de baja plasticidad, se observó nivel freático en el tercer sondeo a los 2 metros de profundidad.

(a) El depósito de suelo debe estar saturado, o cerca de la saturación, para que ocurra la licuación; El suelo no se presenta saturado, pero se observó nivel freático en uno de los tres sondeos a 2.0 metros de profundidad y es de importancia resaltar la existencia de una pequeña quebrada a unos pocos metros del área propuesta a construir.

(b) Depósitos fluviales, coluviales, granulares, eólicos, cuando están saturados, son susceptibles de licuación; No corresponde a este tipo de depósitos.

(c) Así mismo pueden clasificarse como licuables los depósitos de abanicos aluviales, planicies aluviales, playas, terrazas y estuarios; Puede clasificarse el depósito como planicies aluviales.

(d) Son muy susceptibles a la licuación las arenas finas y arenas limosas, relativamente uniformes, con densidad suelta y media. Generalmente se producen grandes deformaciones del terreno y de las estructuras apoyadas, y pueden formar volcanes de arena en superficie con los correspondientes cambios volumétricos severos; no corresponden a estos depósitos.

(e) Los depósitos bien gradados con tamaños hasta de gravas, gravas arenosas y gravas areno-limosas, son menos susceptibles a licuación, pero de todas formas deben verificarse. Estos materiales también pueden generar cambios volumétricos del terreno; Estos depósitos corresponden a arenas con presencia mínima de finos y algunas gravas.

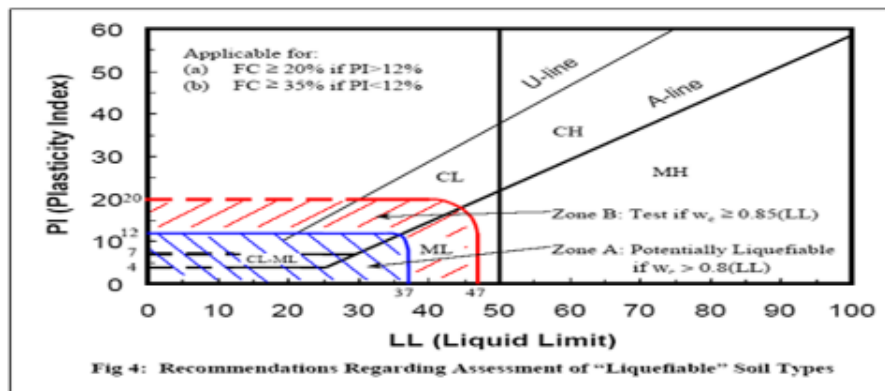
(f) Los limos, limos arcillosos y arcillas limosas, de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite líquido, también son susceptibles de presentar licuación o

falla cíclica. Generalmente se produce la degradación progresiva de la resistencia dinámica de los suelos finos con el número de ciclos de carga equivalente, llevándolos a la falla o generando grandes asentamientos del terreno y de las estructuras apoyadas en él. El depósito no presenta estas características. (Resistentes, 2010)

Método determinístico evaluación potencial de licuefacción:

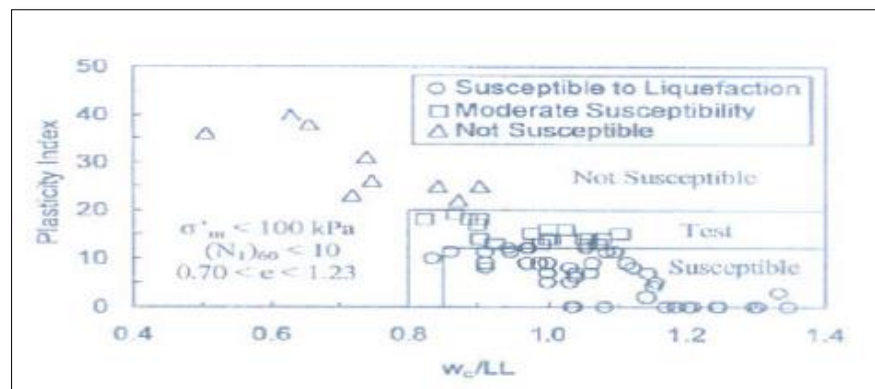
Acorde con la información obtenida en el estudio de suelos, el material predominante en el sitio del proyecto son arenas con una mínima presencia de grava y finos, de baja- media plasticidad, se evidencio el nivel freático en el tercer sondeo a 2 metros de profundidad en el depósito. A continuación, se presentan dos gráficas para determinar en suelos el potencial de licuación, de los materiales, se analiza el porcentaje del límite liquido e índice de plasticidad, usando los datos arrojados por el laboratorio, "Criterio Seed and Idrish".

Figura 21:Criterio recomendado a la susceptibilidad de licuación (Seed and Idrish).



Fuente: (S.A, 2018)

Figura 22:Criterio recomendado a la susceptibilidad de licuación (Bray et al 2004).



Fuente: (S.A, 2018)

Observando las gráficas anteriores, se muestra que los depósitos de suelo presentes es esta zona del proyecto, son susceptibles a licuación.

Tabla 22: Clasificación de suelos susceptibles a licuefacción.

	IP	W	LL	W/LL	SUSCEPTIBLE	MODERADO	NO SUSCEPTIBLE
S1-M1	0,6	22,61	23,48	0,96	X		
S1-M2	4,66	21,76	23,32	0,93	X		
S2-M1	6,71	26,8	27,77	0,97	X		
S2-M2	6,59	33,83	29,67	1,14	X		
S2-M3	3,88	24,65	25,84	0,95	X		
S3-M1	8,33	32,07	33,41	0,96	X		
S3-M2	5,48	26,67	27,11	0,98	X		
S3-M3	5,72	23,06	24,98	0,92	X		

Fuente: propia

4.4.10.9. POSIBILIDADES DE SUELOS EXPANSIVOS:

Como característica especial, todas las arcillas tienen, de una forma u otra, la propiedad de contraerse cuando pierden humedad y de expandirse cuando la ganan de nuevo según las condiciones ambientales. (Resistentes, 2010)

Como minerales activos se reconocen la montmorillonita, la vermiculita y algunas variedades de haloisita; la particularidad de éstos radica en que tienen la propiedad de "absorber" moléculas de agua dentro de su propia estructura molecular.

Los daños que presentan las edificaciones cimentadas superficialmente en estos suelos se manifiestan progresivamente mediante fisuramientos, agrietamientos y giros de conjunto de los muros y elementos estructurales, a causa de movimientos desiguales de sus cimientos, especialmente en los años de prolongados períodos de verano e invierno. (Resistentes, 2010).

A continuación, se muestra la evaluación de suelos expansivos:

Basados en altos valores del límite líquido, del índice de plasticidad, contenido de partículas coloidales y bajos valores del límite de contracción. Estos criterios deben verificarse en el laboratorio mediante ensayos de las propiedades índices correspondientes.

Para este análisis, se toman las muestras extraídas en los tres sondeos, estos materiales son arenosos.

Tabla 23: Clasificación de los suelos expansivos.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm ²	Límite líquido I.L., en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (%)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 – 20	39 – 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Fuente: NSR-10, título H. Tabla H.6-1

4.4.10.9.1. Clasificación Potencial de Expansión.

Tabla 24: Evaluación del potencial de expansión de los suelos; Sondeo 1.

Muestra Numero	LL	LP	IP	Clasificación del Hinchamiento Potencial
1	23.48	22,88	0,6	Bajo
2	23,32	18,66	4,66	Bajo

Fuente: propia

Tabla 25: Evaluación del potencial de expansión de los suelos; Sondeo 2.

Muestra Numero	LL	LP	IP	Clasificación del Hinchamiento Potencial
1	27,77	21,06	6,71	Bajo
2	29,67	23,08	6,59	Bajo
3	25,84	21,96	3,88	Bajo

Fuente: propia

Tabla 26: Evaluación del potencial de expansión de los suelos; Sondeo 3.

Muestra Numero	LL	LP	IP	Clasificación del Hinchamiento Potencial
1	33,41	25,08	8,33	Bajo
2	27,11	21,63	5,48	Bajo
3	24,98	19,26	5,72	Bajo

Fuente: propia

Tomando los resultados de los ensayos de laboratorio para los sondeos ejecutados: Sondeo 1, Sondeo 2, Sondeo 3 se tiene lo siguiente:

El valor promedio del límite líquido para los materiales presentes en estos sondeos, y tomados a partir de los ensayos de laboratorio es de: 26,95%. (Bajo).

El valor promedio del índice de plasticidad para los materiales presentes en estos sondeos, y tomados a partir de los ensayos de laboratorio es de: 21,70%. (Bajo).

Por estos conceptos se determinan que el suelo presente posee un potencial Bajo de expansión, se recomienda durante el proceso de construcción, no incrementar la humedad de suelo.

4.5. Análisis de cercha y correa típica, para la cubierta metálica de la cancha del Colegio Santa Isabel de Hungría, antecargas gravitacionales únicamente, mediante software SAP 2000.

Se realizó un respectivo análisis de las medidas proporcionadas por el levantamiento topográfico, para definir la luz que llevaría la estructura metálica y de cuanto sería su luz entre cerchas longitudinales, se montó un bosquejo preliminar del modelo en el software de AutoCAD y después se importó al software SAP 2000, luego se procedió a completar todo el diseño de la estructura, con sus cargas y asignación del tipo de perfiles a utilizar, para definir las combinaciones y cargas se siguió las recomendaciones del Norma NSR -10 capítulo B y F2, se diseñó la cubierta metálica completa pero no se consideró las columnas, para tener una mejor representación de la cercha, pero el análisis se centró solamente en la cercha y correa típica, debido a que el diseño no es sísmico, solo se analizaron los elementos por cargas gravitacionales.

A continuación, se presentará un diseño propuesto de manera académica de lo que sería una posible cercha de la cubierta para el colegio Santa Isabel de Hungría, si se desea llevar a la construcción debe ser revisado por un profesional y hacer un análisis con fuerzas sísmicas donde se hagan diseños de los elementos.

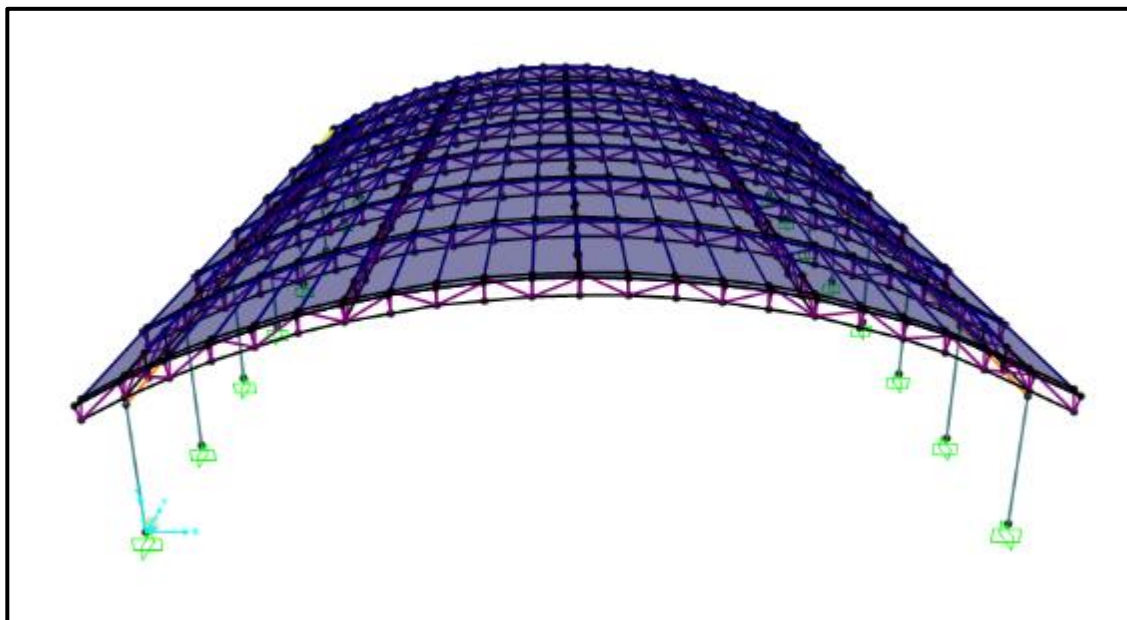


Figura 23: Cubierta metálica en SAP 2000

Fuente: propia

4.5.1. Características de la cubierta metálica.

Se presentan las diferentes secciones propuestos para cada uno de los elementos con base a la disponibilidad del mercado, estos perfiles fueron tomados del catálogo de ACESCO.

El material acero estructural a utilizar es A500 Grado C.

Los perfiles tubulares son livianos que permiten un ahorro en el peso de la estructura y brindan un acabado estético. Los materiales considerados en la estimación estructural, contiene el módulo principal el de acero en forma de perfiles, con las siguientes características particulares:

Los perfiles de Metaltub Tubería Estructural negra y galvanizada son tubos de acero soldados de alta resistencia referenciados en el reglamento NSR-10 como perfiles Tubulares Estructurales, (PTE). Se producen en formas redondas, cuadradas, rectangulares y tiene una variedad de tamaños, esta tubería es fabricada bajo la norma ASTM A500 Grado C.

A continuación, se presenta en la tabla 27, las resistencias respecto a los diferentes perfiles tubulares.

Tabla 27: Especificaciones técnicas.

ASTM A500		Resistencia a la Fluencia, min.		Resistencia a la Tracción, min.		Elongación, min.
		MPa	psi	MPa	psi	%
Redondo	Grado A	230	33000	310	45000	25
	Grado C	315	46000	425	62000	21
Cuadrado y Rectangular	Grado A	270	39000	310	45000	25
	Grado C	345	50000	425	62000	21

Fuente: <http://www.acesco.com/archivos/descargas/metaltub-ficha-tecnica.pdf>

- Las correas se plantean según el catálogo de Acesco, su tubería estructural negra y galvanizada seleccionada fue rectangular y su referencia es 120 mm x 60 mm, con un espesor de 2,5 mm.

Tabla 28: Tubería estructural rectangular

REFERENCIA	ESPESORES EN MILIMETROS												Unidad de Empaque
	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	
Tubos Rectangulares (mm)	Peso Teórico Calculado (kg / m)												
60 x 40	2,24	2,93											100
76 x 38	2,57	3,37	4,15	4,90									72
90 x 50		4,19	5,17	6,13									60
100 x 50		4,50	5,56	6,60									50
120 x 60		5,45	6,74	8,01									50
150 x 100					14,87		21,69						32
200 x 70				12,25	16,13		23,58						40
200 x 100				13,67	18,01		26,40						28
250 x 100				16,02		26,18							28
250 x 150						30,11							18
300 x 100				18,38		30,11		41,43		52,34			24
300 x 150								53,22			65,49	77,35	10

Estructural Negro y Galvanizado A500 Grado C
 Estructural Negro A500 Grado C
 Estructural Negro A500 Grado A

Fuente: <http://www.acesco.com/archivos/descargas/metaltub-ficha-tecnica.pdf>.

- Para formar la cercha se planteó dos perfiles de tubería estructural redonda, en la siguiente tabla se puede observar las características de los tubos, según el catálogo de Acesco, es Tubería Estructural negra y galvanizada.

Tabla 29: tubería estructural redonda.

REFERENCIA			Espesores en milímetros												Unidad de Empaque
			1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	
Tubos Redondos (")			Peso Teórico Calculado (kg / m)												
Diámetro Nominal	Diámetro Externo (pulg)	Diámetro Externo (mm)													
1 - 1/2"	1,89"	48mm	1,72	2,27		3,33									91
2"	2,36"	60mm		2,86	3,55										61
2 - 1/2"	2,87"	73mm		3,50	4,35										37
3"	3-1/2"	89mm		4,29	5,33	6,36	8,38								37
4"	4-1/2"	114,3mm			6,89	8,23	10,88								19
4"	4-1/2"	114,3mm							16,03						1
-----	6"	152,4mm					14,64		21,66		28,49				1
8"	8-5/8"	219,1mm						26,40	31,53		41,64		51,56		1
10"	10-3/4"	273,1mm							45,93		58,61		77,25		1
12"	12-3/4"	323,9mm								62,31		77,40	92,29		1

Estructural Negro y Galvanizado A500 Grado C
 Estructural Negro A500 Grado C
 Estructural Negro A500 Grado A

Fuente: <http://www.acesco.com/archivos/descargas/metaltub-ficha-tecnica.pdf>

A continuación, se presenta en la tabla 30, un resumen detallado de los perfiles que se mostraron anteriormente.

Tabla 30: *Perfiles de Tubería estructural seleccionada.*

Tubería Estructural Negra y Galvanizada Norma ASTM A500 Grado C				
Elemento	Diámetro		Espesores	Peso teórico
	pulg	mm	mm	kg/m
Redondo				
Diagonal	2	60	2,5	3,55
Cordón superior	4	114,3	2,5	6,89
Cordón inferior	4	114,3	2,5	6,89
Rectangular				
Correa		120x60	2,5	6,74

Fuente: *propia.*

4.5.2. Montaje de la estructura en el programa SAP 2000.

Para realizar el montaje se modela la estructura completa, para tener una mejor representación de la cercha, pero el análisis se centra solamente en la cercha tipo y las correas tipo, debido a que el diseño no es sísmico, solo se analiza los elementos por cargas gravitacionales.

4.5.2.1. Montaje del modelo.

Para el montaje del modelo se contó con la ayuda de software AUTOCAD, en este programa se hizo un bosquejo preliminar de la geometría de la cubierta metálica. Después de tener este modelo se procede a importar a SAP 2000, para iniciar con los respectivos diseños de la estructura metálica, se utilizó elementos tipo frame para definir el modelo, fue necesario crear este elemento frame para que simulara el efecto de cubierta, el cual no se consideró la masa, sencillamente se empleó para que transmitiera las cargas a las correas y las correas a los elementos de las secciones, se crea la estructura con base a los ejes locales, se ingresa los diferentes materiales y se define las secciones, luego se estipula a cada elemento su tipo de perfil, posteriormente se ingresan al programa las combinaciones y las cargas a utilizar. Se presenta en las figuras 24 y 25 los modelos elaborados en cada uno de los programas.

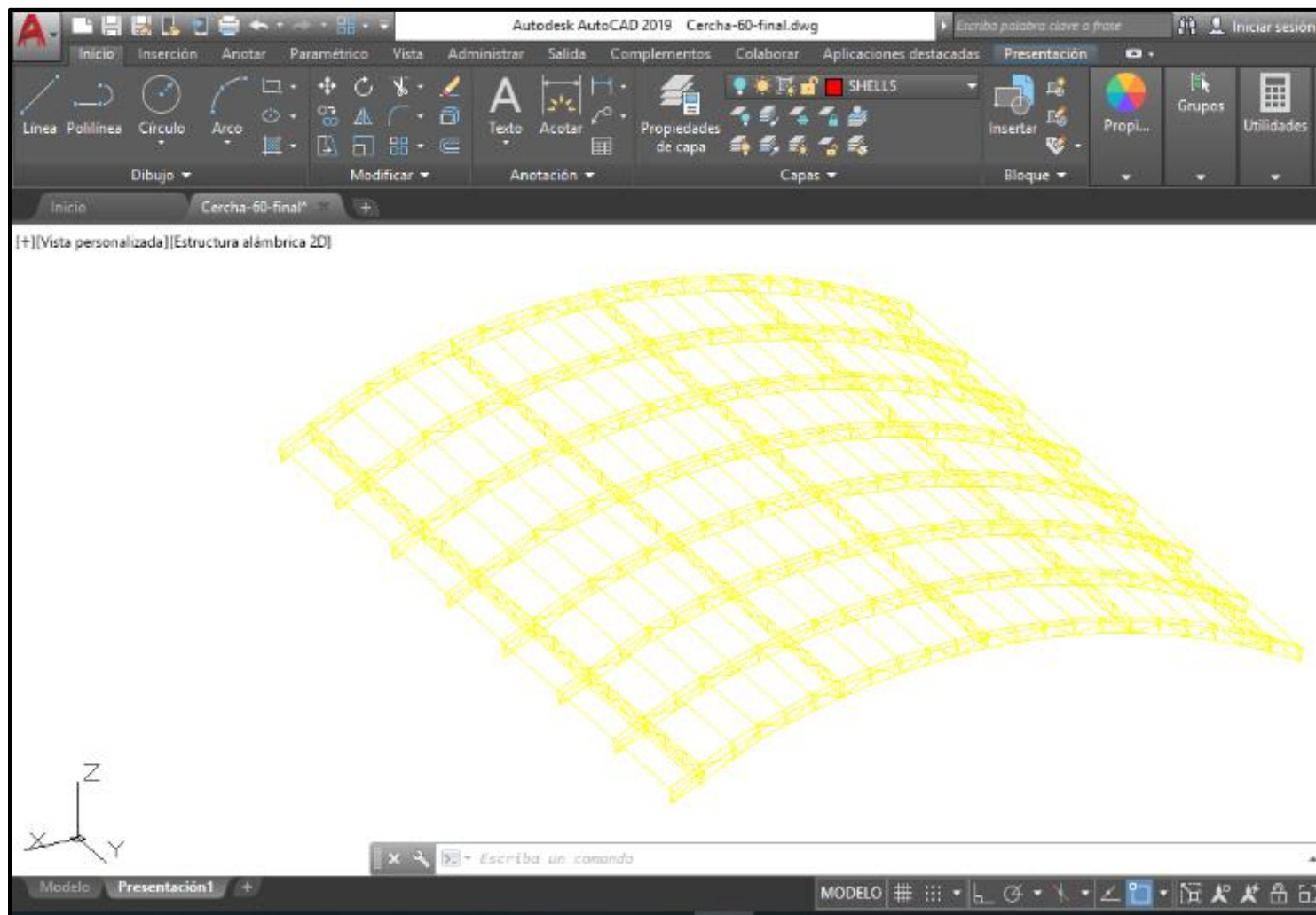


Figura 24: Modelo en AUTOCAD.
Fuente: propia.

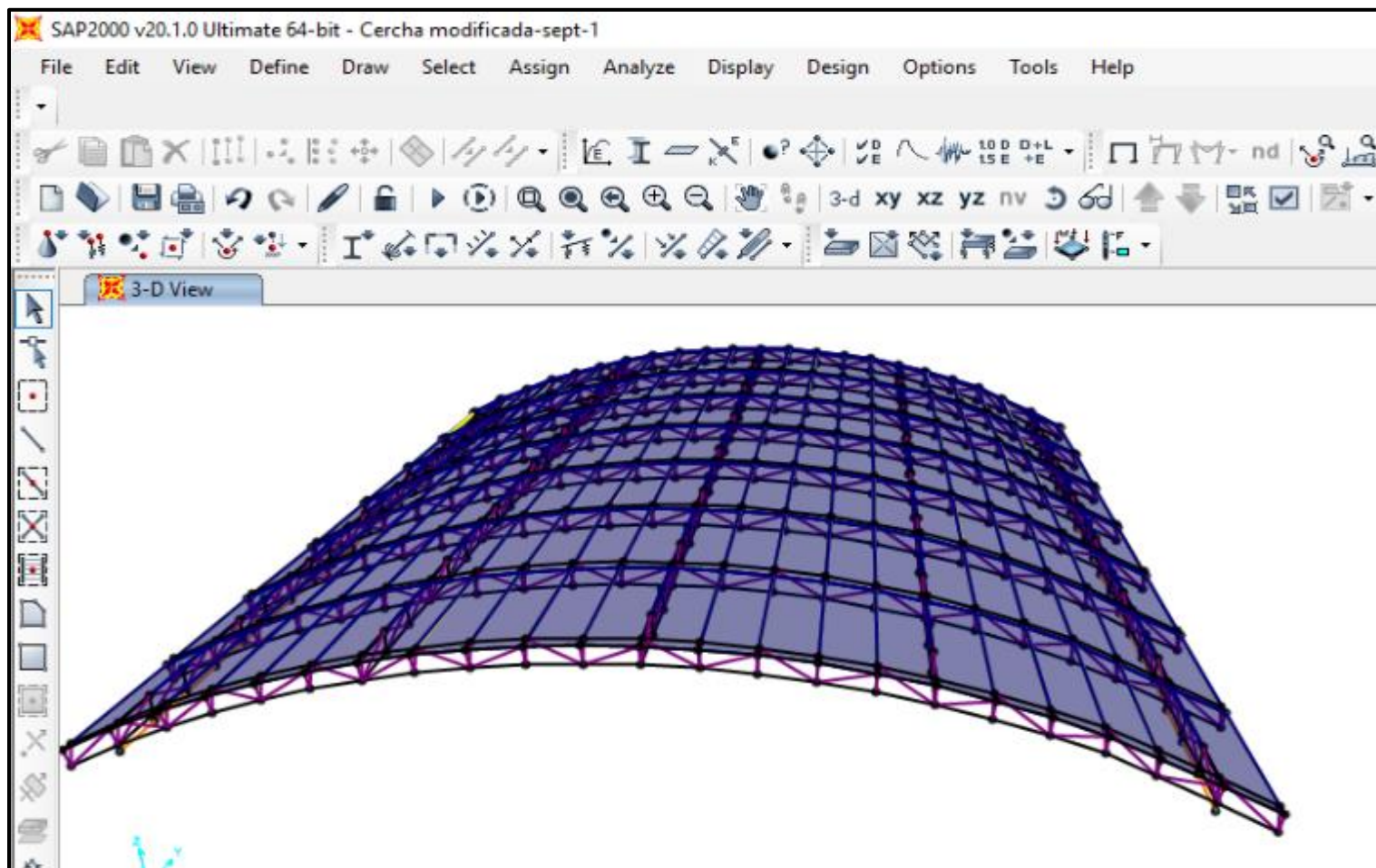


Figura 25: Esquema general de cubierta metálica en SAP 2000
Fuente: propia.

4.5.3. Análisis de cargas

Con las especificaciones que establece la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 2010, NSR-10, capítulo B y F2, se procede a estimar las distintas cargas que van a ser aplicadas sobre la cubierta metálica. A continuación, se evalúan las cargas gravitacionales (muertas y viva), carga de viento y sus combinaciones.

4.5.3.1. Cargas muertas

Las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanece fijas en un mismo lugar.

- **El peso propio de los elementos:** Este peso es considerado directamente por el programa de análisis estructural SAP 2000.
- **Peso de la teja:** Como material constituyente de la cubierta, se eligió Máster 1000 por reunir las siguientes características: disponibilidad de mercado, bajos costos, facilidad de instalación, resistencia mecánica, con acabado pre-pintado y galvanizado. Por tanto, su peso es de 5 kgf/m².

En la siguiente tabla se puede observar los valores que se tuvieron en cuenta en la estimación de la carga muerta.

Tabla 31: Cargas muertas

Cargas Muertas		
Peso de teja	5	kgf/m ²
Impermeabilización	5	kgf/m ²
Luminarias	20	kgf/m ²
Carga muerta total	30	kgf/m²

Fuente: propia

4.5.3.2. Carga Viva

La carga viva que se utilice en el diseño de la estructura debe ser la máxima que se espera ocurra en la estructura debido al uso que esta va a tener. En ningún caso estas cargas vivas podrán ser menores que las cargas vivas mínimas. (NSR-10, 2010), en la siguiente tabla se puede observar las cargas mínimas viva que se debe tener en cuenta.

Tabla 32: Cargas vivas mínimas en cubiertas

Tipo de cubierta	Carga uniforme (kN/m ²) m ² de área en planta	Carga uniforme (kgf/m ²) m ² de área en planta
Cubiertas, Azoteas y Terrazas	la misma del resto de la edificación (Nota-1)	la misma del resto de la edificación (Nota-1)
Cubiertas usadas para jardines de cubierta o para reuniones	5.00	500
Cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.35	35
Cubiertas inclinadas con pendiente de 15° o menos en estructura metálica o de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la aquí estipulada	0.50	50
Nota-1 — La carga viva de la cubierta no debe ser menor que el máximo valor de las cargas vivas usadas en el resto de la edificación, y cuando esta tenga uso mixto, tal carga debe ser la mayor de las cargas vivas correspondientes a los diferentes usos.		

Fuente: Reglamento colombiano de construcción sismo resistente, NSR-10, tabla B.4.2.1-2.

La carga viva que se utiliza en el diseño de la cubierta metálica se basa en la tabla anterior, en donde se especifica que cubiertas inclinadas con más de 15° de pendiente en estructura metálicas, tienen una carga de 35 kgf/m², en la siguiente tabla se puede apreciar la carga que se tuvo en cuenta para el diseño de la estructura, según la Norma NSR-10, se debe escoger un valor máximo de carga viva.

Tabla 33: Carga viva

Cargas Viva		
Viva	50	kg/m ²

Fuente: propia

4.5.3.3. Carga de viento

La carga de viento se sacó de los criterios de la Norma NSR-10, capítulo B-6, para el análisis de viento se hizo un chequeo sobre el software de SAP 2000, cual dio que las presiones eran menores a la mínima, por lo tanto, se dejó la presión mínima de **40 kg/m²**, las cargas de viento serán aplicadas considerando los efectos de compresión y efecto succión en las direcciones principales de X e Y del modelo.

Tabla 34: Carga de viento

Cargas Viento		
Viento	40	kg/m ²

Fuente: propia

4.5.3.4. Combinaciones de cargas

Las diversas cargas (viva, muerta, viento y sismo) deben combinarse con el objetivo de poder determinar las máximas solicitaciones sobre los elementos estructurales y estos puedan diseñarse de la manera más conveniente. Para definir las combinaciones a utilizar se siguió las recomendaciones de la Norma NSR-10- capítulo B-2, las combinaciones a usarse son las de cargas mayoradas. En la siguiente tabla se muestran las combinaciones que fueron definidos para el diseño de la cubierta metálica.

Tabla 35: Combinaciones de cargas.

COMBINACIONES DE CARGAS					
1	1,4D	2	1,2D+1,6L	3	1,2D+L
4	1,2D+0,5W	5	1,2D+1W+1L	6	1,2D+1E+1L
	1,2D+0,5Wcx+0,5Wsx		1,2D+1Wcx+1Wsx+1L		1,2D+1Ex+0,3Ey+1L
	1,2D-0,5Wcx+0,5Wsx		1,2D-1Wcx+1Wsx+1L		1,2D-1Ex+0,3Ey+1L
	1,2D+0,5Wcx-0,5Wsx		1,2D+1Wcx-1Wsx+1L		1,2D+1Ex-0,3Ey+1L
	1,2D-0,5Wcx-0,5Wsx		1,2D-1Wcx-1Wsx+1L		1,2D-1Ex-0,3Ey+1L
	1,2D+0,5Wcy+0,5Wsy		1,2D+1Wcy+1Wsy+1L		1,2D+0,3Ex+1Ey+1L
	1,2D-0,5Wcy+0,5Wsy		1,2D-1Wcy+1Wsy+1L		1,2D-0,3Ex+1Ey+1L
	1,2D+0,5Wcy-0,5Wsy		1,2D+1Wcy-1Wsy+1L		1,2D+0,3Ex-1Ey+1L
	1,2D-0,5Wcy-0,5Wsy		1,2D-1Wcy-1Wsy+1L		1,2D-0,3Ex-1Ey+1L
7	0,9D+1W	8	0,9D+1E		
	0,9D+1Wcy+1Wsy		0,9D+1Ex+0,3Ey		
	0,9D-1Wcy+1Wsy		0,9D-1Ex+0,3Ey		
	0,9D+1Wcy-1Wsy		0,9D+1Ex-0,3Ey		
	0,9D-1Wcy-1Wsy		0,9D-1Ex-0,3Ey		
	0,9D+1Wcx+1Wsx		0,9D+0,3Ex+1Ey		
	0,9D-1Wcx+1Wsx		0,9D-0,3Ex+1Ey		
	0,9D+1Wcx-1Wsx		0,9D+0,3Ex-1Ey		
	0,9D-1Wcx-1Wsx		0,9D-0,3Ex-1Ey		

Fuente: propia

4.5.3.1. Características de la cercha y cubierta metálica.

El diseño presenta una de luz de 28,76 m, la cercha tiene una sección triangular con una altura de 0.6 m, los elementos diagonales son perfiles tubulares de Tubería Estructural negra y galvanizada de 2 pulgadas y los elementos que forman los cordones superior e inferior son perfiles tubulares de Tubería Estructural negra y galvanizada de 4 pulgadas, la cubierta tiene 35 m de longitud con separación entre cerchas de 5 m, las correas son perfiles rectangulares de Tubería Estructural negra y galvanizada de 0,12m x 0,06m, tiene una separación entre correas de 1,33 m, además la estructura cuenta con una cumbrera principal y dos auxiliares.

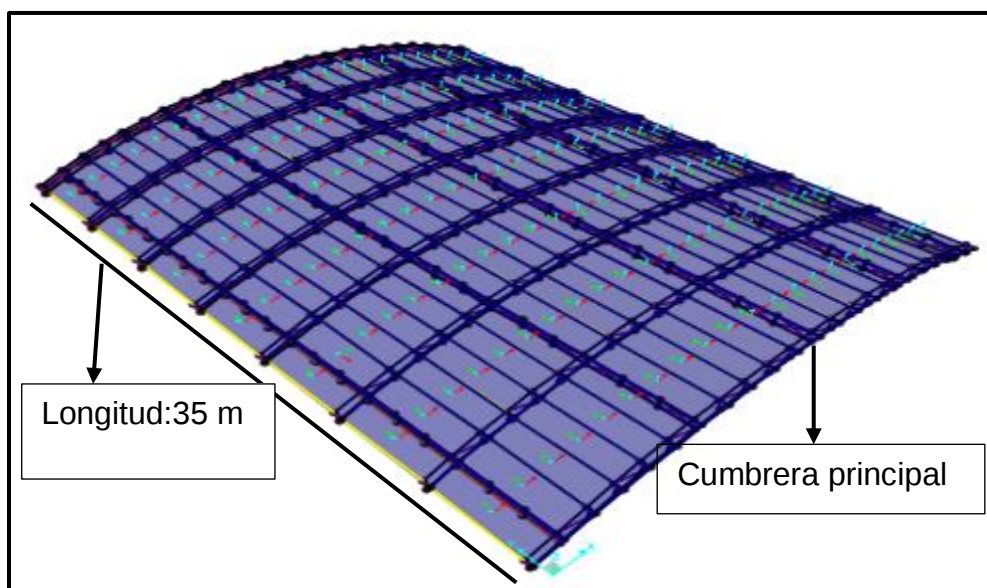


Figura 26: medida longitudinal de la cubierta.

Fuente: propia.

Una vez se montó la estructura completa se crearon las grillas, se asignaron las secciones, en la figura 27, se puede visualizar los perfiles asignados en cada elemento de la estructura metálica.

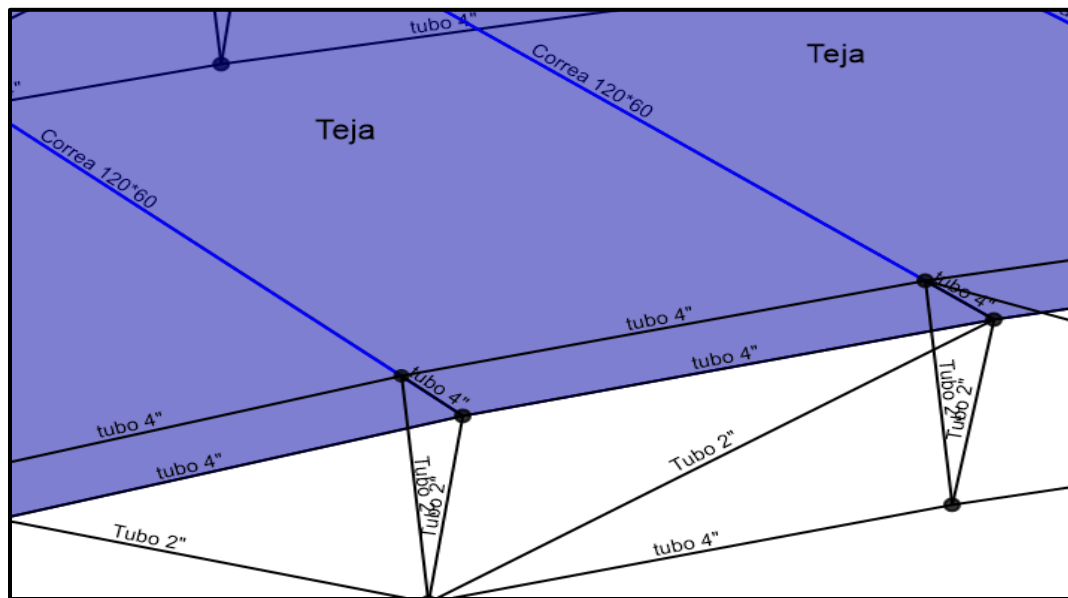


Figura 27: Secciones y materiales asignados
Fuente: propia.

Se diseñó la cubierta completa para tener una mejor representación de la cercha, posteriormente, se consideró la fuerza crítica de la estructura, en la figura 28 se puede apreciar la cercha crítica de la estructura, y en la figura 29 se evidencia la cercha crítica con sus respectivas medidas.

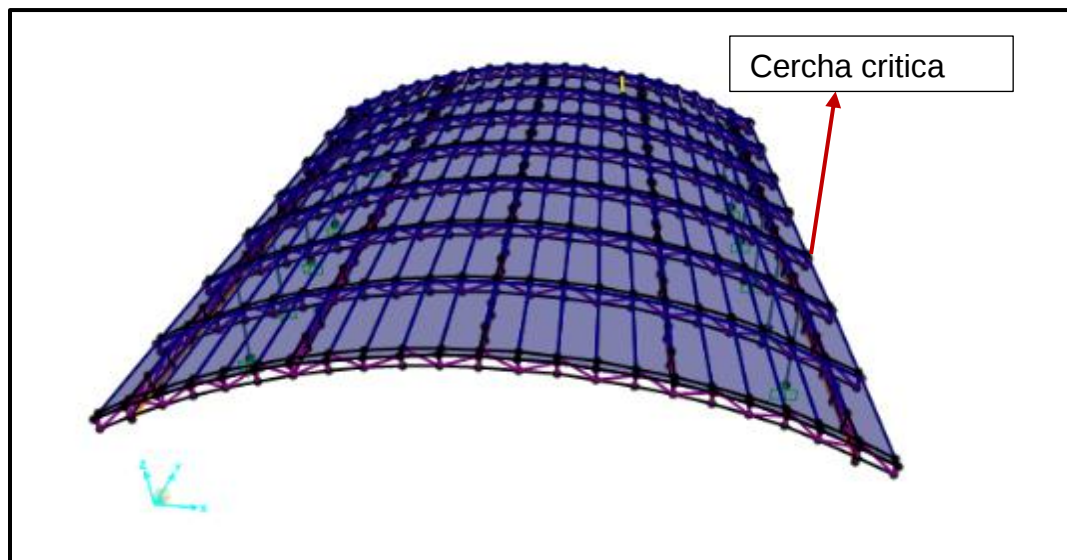


Figura 28: Estructura completa con la cercha crítica.

Fuente: propia.

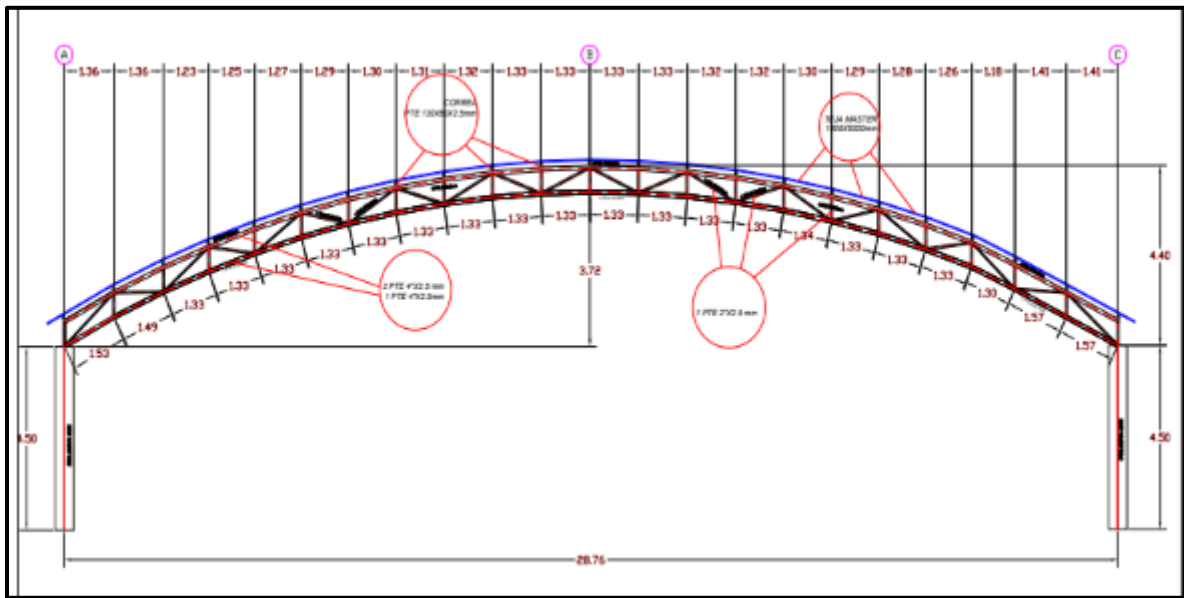


Figura 29:cercha critica

Fuente: propia.

4.5.3.1. Asignación de cargas en los elementos

Las cargas asignadas a la estructura metálica están aplicadas directamente sobre el elemento Shell, para que este se encargue de realizar la distribución a las correas y posteriormente las correas a los elementos que conforman la cercha. Para esto fue necesario crear este elemento frame para que simulara el efecto de cubierta, el cual no se consideró la masa, sencillamente se empleó para que transmitiera las cargas a las correas y las correas a los elementos de las secciones. En las figuras se puede observar las diferentes cargas asignadas a la estructura metálica, con su respectivo valor de carga.

En las figuras 30 y 31, se puede observar la carga muerta y la carga viva aplicada sobre la cubierta metálica con su respectivo valor asignado a cada carga.

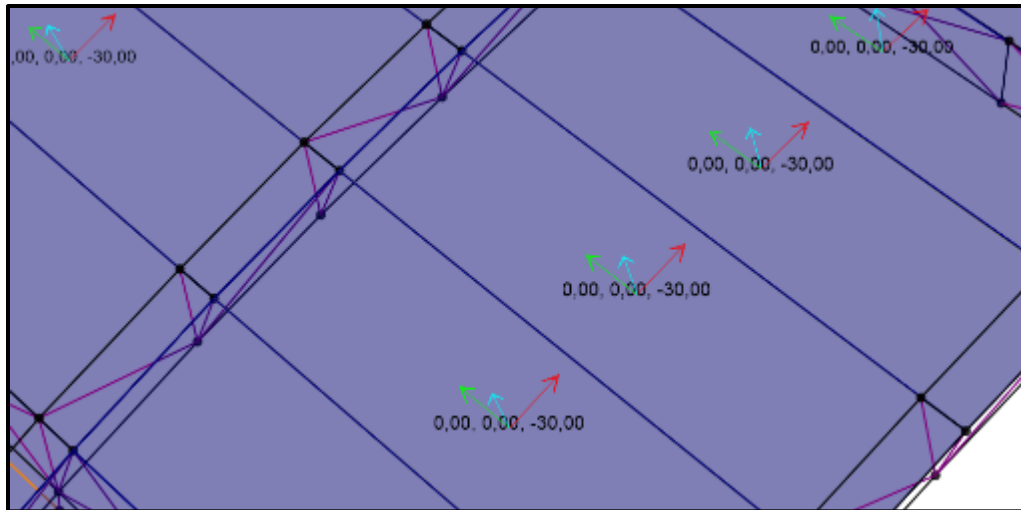


Figura 30: carga muerta
Fuente: propia.

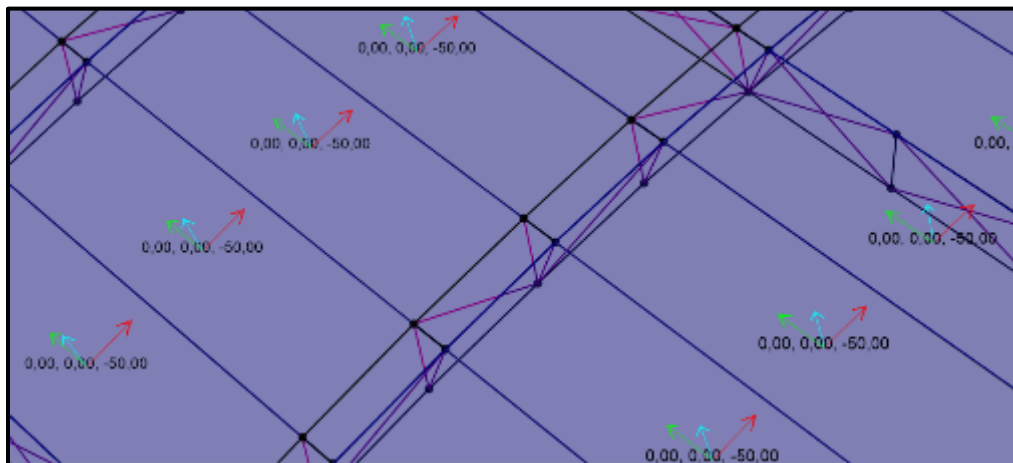


Figura 31: carga viva
Fuente: propia.

En las figuras 32 y 33, se puede visualizar la carga de viento con su respectivo valor, aplicada en dirección (Y) con carga en compresión y succión sobre los elementos que conforman la cercha.

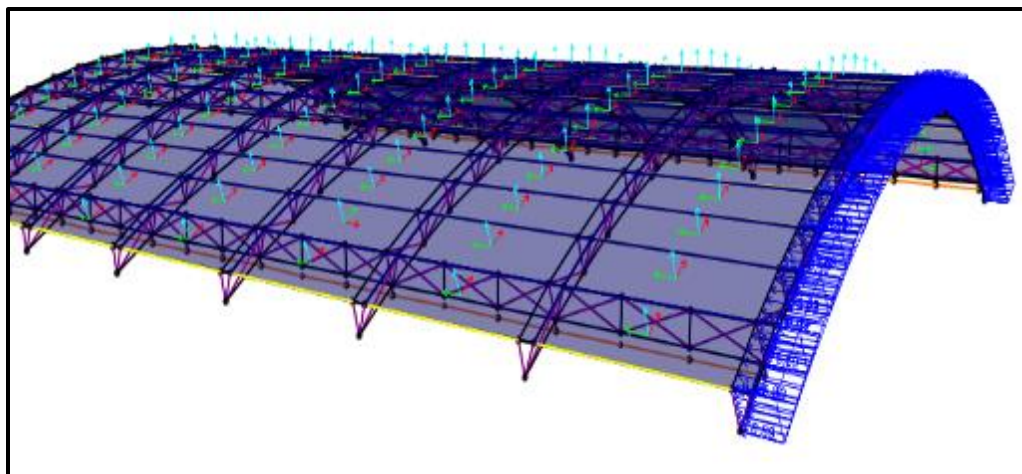


Figura 32: carga en compresión (V_{cy})

Fuente: propia.

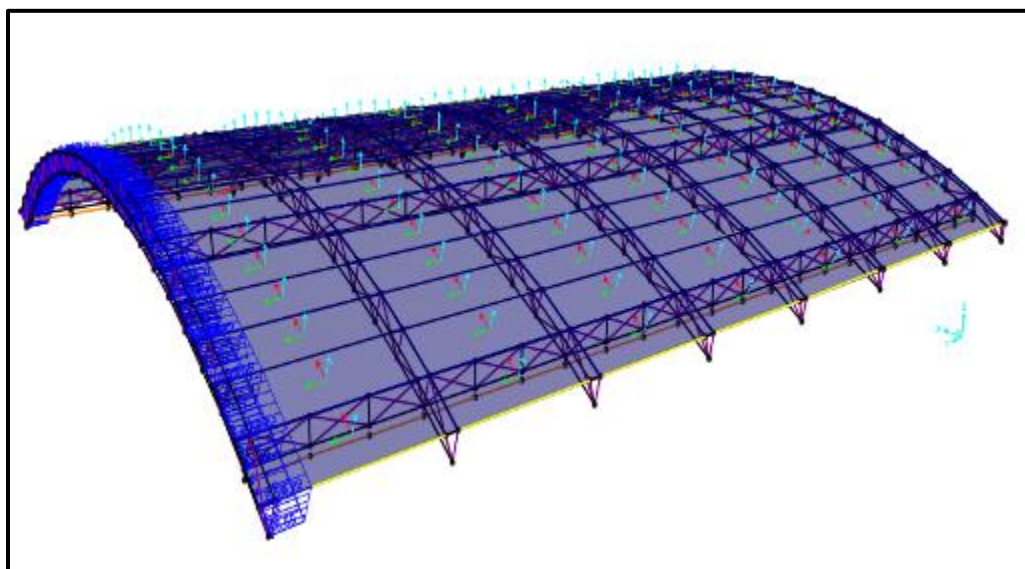


Figura 33: carga en succión (V_{sy})

Fuente: propia.

En las figuras 34 y 35, se puede visualizar la carga de viento con su respectivo valor, aplicada en dirección (X) con carga en compresión y succión sobre la cubierta metálica.

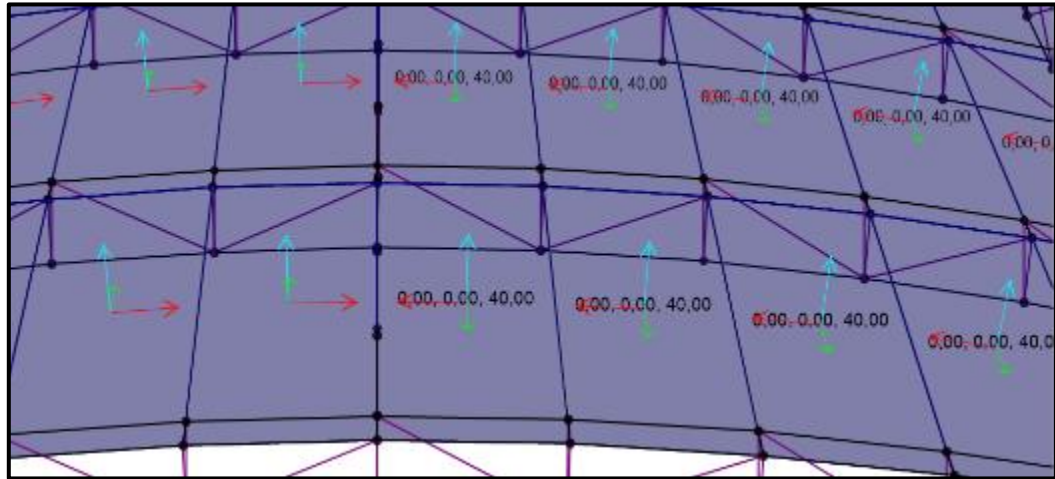


Figura 34: carga en succión (Vs)

Fuente: propia.

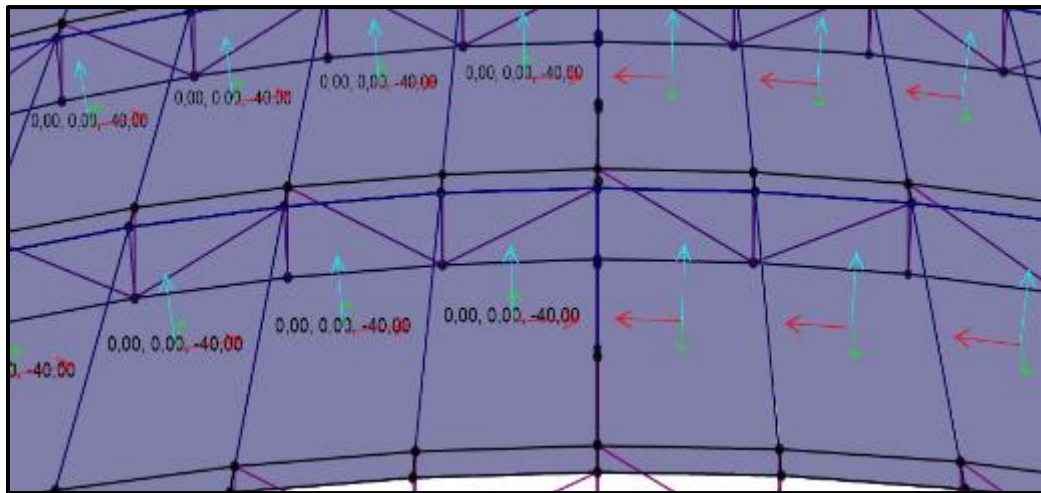


Figura 35: Carga en compresión (Vcx)

Fuente: propia.

4.5.3.2. Análisis y determinación de fuerzas axiales de los elementos.

Seguidamente se procede a correr el programa y a evaluar las cargas axiales, presentes en cada elemento, Posteriormente se analizó el modelo y se obtuvieron las cargas axiales producto de las combinaciones en los diferentes elementos. En la figura 36, se puede observar un diagrama de las cargas axiales en compresión y tensión, así mismo se realiza un resumen detallado de los elementos que se encuentran a compresión y a tensión, con su respectiva carga axial, estos elementos se visualizan en la figura 37, el resumen de las cargas axiales se encuentra en tabla 36, para una mejor visualización de la numeración de los nodos asignados a cada elemento, se muestra una parte de la cercha.

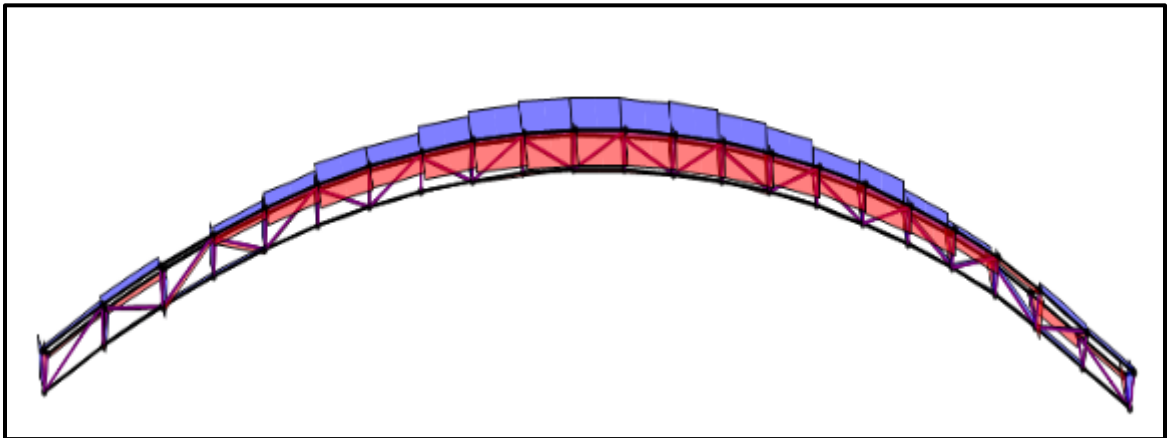


Figura 36: Carga axial de la cercha en diagrama
Fuente: propia.

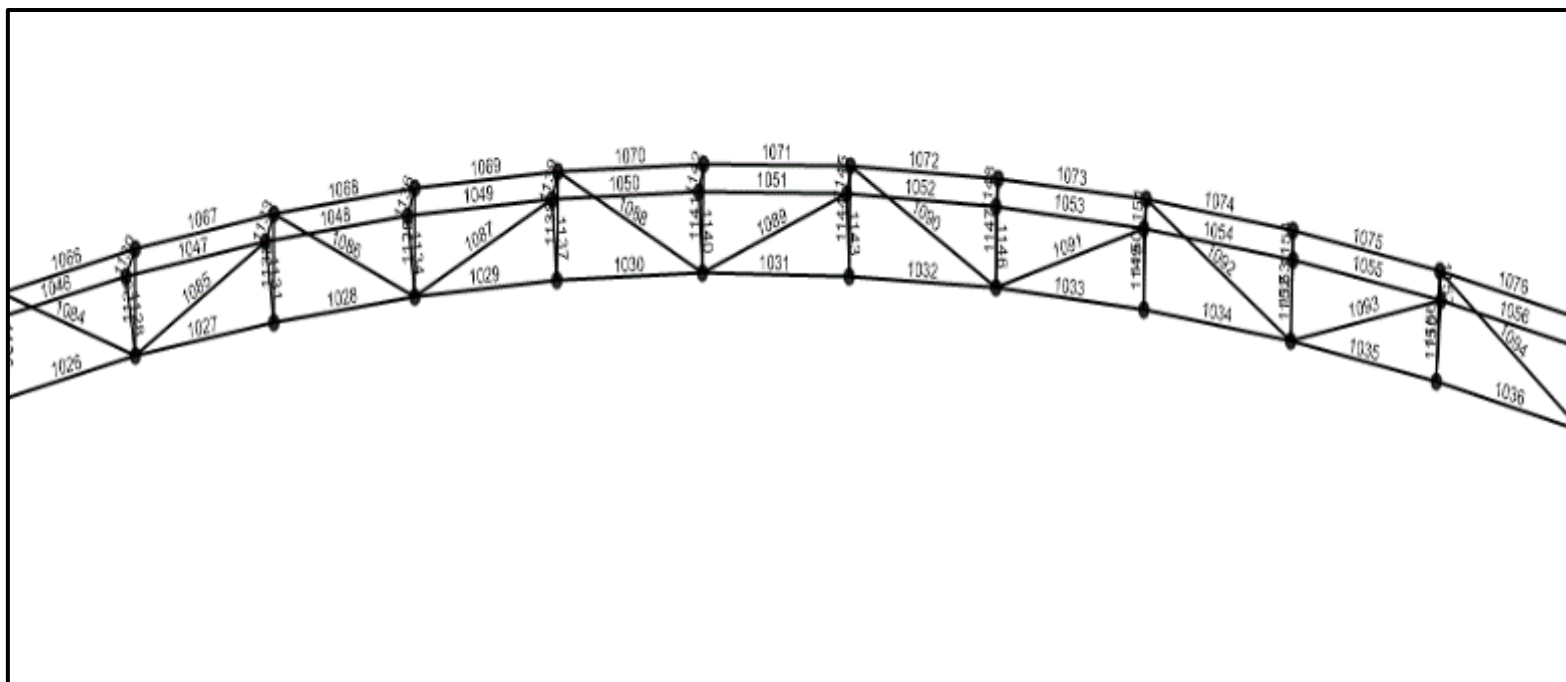


Figura 37: Numeración de los nodos

Fuente: propia.

Tabla 36: Elementos a compresión y tensión.

Elemento	Carga Axial-Kgf	
1026	16031,72	Tensión
1027	20993,81	Tensión
1028	20842,54	Tensión
1029	23881,44	Tensión
1030	23789,72	Tensión
1031	24523,69	Tensión
1032	24519,8	Tensión
1033	23573,79	Tensión
1034	23649,72	Tensión
1035	20723,1	Tensión
1036	20864,91	Tensión
1066	-9901,8	Compresión
1067	-9646,62	Compresión
1068	-11764,64	Compresión
1069	-11725,87	Compresión
1070	-12550,99	Compresión
1071	-12007,66	Compresión
1072	-11996,74	Compresión
1073	-11951,38	Compresión
1074	-11059,63	Compresión
1075	-10890,09	Compresión
1076	-8833,3	Compresión
1084	3412,19	Tensión
1085	-2150,39	Compresión
1086	2345,11	Tensión
1087	-1087,42	Compresión
1088	1179,88	Tensión
1089	335,13	Tensión
1090	331,26	Tensión
1091	1400,45	Tensión
1092	-895,76	Tensión
1093	2398,74	Tensión
1094	-2104,45	Compresión
1046	-9552,21	Compresión
1047	-9702,69	Compresión
1048	-11413,49	Compresión
1049	-11344,07	Compresión
1050	-12431,97	Compresión
1051	-12930,29	Compresión
1052	-12929,5	Compresión
1053	-13010,94	Compresión
1054	-11944,21	Compresión
1055	-12204,87	Compresión
1056	-10416,19	Compresión

Fuente: propia.

4.5.3.3. Verificación del cumplimiento de las cargas.

Una vez evaluado las cargas, se procede hacer un chequeo del diseño en el programa SAP 2000, buscado que el índice de sobre esfuerzo fuera menor que 1, posteriormente, se hizo el chequeo de la cercha y se visualizó que algunos elementos de la estructura no satisfacen la resistencia requerida, esto quiere decir que se debe aplicar las medidas correctivas necesarias, es decir, que se debe modificar los perfiles, para solucionar el inconveniente de los elementos que no estaban cumpliendo, se optó en incrementar el diámetro y se iba verificando nuevamente en el programa hasta que se alcanzaron las resistencias requeridas. En la figura 38, se puede observar, que la mayoría de los elementos cumple las resistencias requerida.

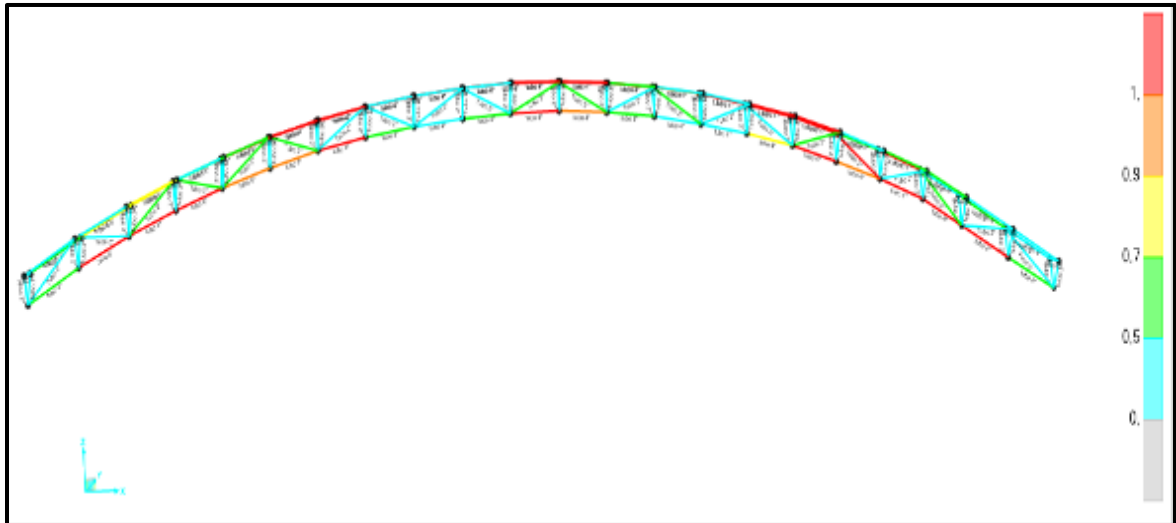


Figura 38: Cumplimiento de cargas

Fuente: propia.

Inicialmente se partió de tamaños de 3 pulgadas en los cordones superiores e inferiores y las diagonales de 2 pulgadas en las secciones, hubo la necesidad de incrementar los perfiles y finalmente los perfiles que se optaron para el diseño y que cumplieron con la resistencia requerida son los siguientes:

Tabla 37: *perfiles definitivos.*

Elemento				
Redondo			Rectangular	
	Diámetro			Diámetro
	pulg	mm		mm
Diagonal	2	60	Correa	120x60
Cordón superior	4	114,3		
Cordón inferior	4	114,3		

Fuente: *propia.*

4.6. Presupuesto

A continuación, se presenta el presupuesto preliminar de los materiales de la cubierta metálica, los valores unitarios presentados en la tabla 37, son obtenidos de los proveedores como Homecenter. Cabe mencionar que solo se hizo presupuesto y análisis de precios unitarios de los materiales que fueron ingresados al programa para el diseño de cubierta metálica.

Tabla 38: Presupuesto de los materiales que conforman la cubierta metálica.

ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA					
PRESUPUESTO GENERAL					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	V.UNITARIO	V.PARCIAL
1	CUBIERTA				
1,01	Suministro e instalación de tubo tubular metálico de 4" e:2,5mm	ml	179,00	\$ 25.000,00	\$ 4.475.000,00
1,02	Suministro e instalación de tubo circular metálico de 2" e:2,5mm	ml	837,00	\$ 10.900,00	\$ 9.123.300,00
1,03	Suministro e instalación de cercha en correa rectangular metálica 120x60 mm espesor de 2,5 mm. Según diseño	ml	97,00	\$ 46.000,00	\$ 4.462.000,00
1,04	Suministro e instalación de teja master 1000	m2	696,00	\$ 73.333,00	\$ 51.039.768,00
SUBTOTAL					\$ 69.100.068,00
TOTAL COSTO DIRECTO \$ 69.100.068,00					
ADMINISTRACIÓN 27% \$ 18.657.018,36					
IMPREVISTOS 10% \$ 6.910.006,80					
UTILIDAD 5% \$ 3.455.003,40					
VALOR TOTAL DEL PROYECTO \$ 98.122.096,56					

Fuente: propia.

4.6.1. Análisis de precios unitarios.

En la tabla 39, se presenta un resumen de cada material que conforma la cubierta metálica.

Tabla 39:precios unitarios.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PRESUPUESTO GENERAL					
PROYECT	ESTUDIO PRELIMINAR Y DISEÑO ESTRUCTURAL ACADÉMICO DE UNA CUBIERTA METÁLICA PARA UNA CANCHA DEPORTIVA EN EL COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA				
CAPITULO:	CUBIERTA				
No. ART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1,01	Tubo circular metálico de 4" e:2,5mm	ml	1,00	\$ 25.000,00	\$ 25.000,00
1,02	Tubo circular metálico de 2" e:2,5mm	ml	1,00	\$ 10.900,00	\$ 10.900,00
1,03	Correa rectangular metálica 120x60 mm	ml	1,00	\$ 46.000,00	\$ 46.000,00
1,04	Teja master 1000x6000-28	m2	1	\$ 73.333,00	\$ 73.333,00
VALOR REDONDEADO SUBTOTAL					\$ 155.233,00
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 155.233,00

Fuente: propia.

5. RESULTADOS

Algunos de los resultados más destacados encontrados durante el desarrollo de la práctica social se presentan a continuación.

Resultados del estudio topográfico:

El estudio topográfico nos arroja la caracterización del lote donde se planteó la construcción de la cubierta metálica, las cuales cuentan con medidas generales como el ancho y largo de la cancha de 21 metros x 33 metros, las graderías ubicada a 1 metro en dirección oeste y 7 metros en dirección este.

Se presenta un tipo de cercha o elemento con perfiles metálicos tubulares a dos aguas, con sección triangular tipo cercha, correas rectangulares, además se definió la medida de luz que será de 28 metros, con un voladizo de 1 metro a cada lado para fines de lluvias o iluminación.

Resultados del estudio de suelos:

Con base en la información recopilada de los estudios de suelos, se puede decir que el perfil de suelo existente en el sitio de estudio se clasifica como perfil tipo D, los valores de las velocidades de corte se encuentran entre 200 y 500 m/s, los valores de N de campo se encuentran entre 15 y 50 golpes/pie, suelos de consistencia rígidos.

A través de los análisis de sondeos, se proporcionan las cargas admisibles máximas que resistiría el suelo a dicha profundidad, son del orden de:

Sondeo 1:

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 60 t/m², valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

Los asentamientos máximos son del orden de 20 milímetros, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios de consistencia firme a muy firmes.

Sondeo 2:

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 40 t/m², valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

Los asentamientos máximos son del orden de 10 milímetros, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios de consistencia firme a muy firmes.

Sondeo 3:

Las cargas admisibles tomando como referencia un factor de seguridad de 3, son del orden de 20 t/m², valor conservador y suficiente para las cargas proyectadas.

Es de importancia resaltar que en este sondeo se presentó nivel freático a los 2.0 metros de exploración y la carga ultima obtenida de laboratorio es mínima en comparación con las cargas de los dos sondeos anteriores. Se recomienda que se haga un seguimiento por parte de una persona idónea, para que verifique si es necesario hacer un mejoramiento de suelo si las cargas totales de la estructura supera la carga admisible estimada en el informe o estudio de suelos aquí presentado.

Los asentamientos máximos son del orden de 7 milímetros, el valor del módulo de elasticidad se toma conservador para suelos medios de consistencia firme a muy firmes.

El depósito de suelo estudiado no presenta alta susceptibilidad a expansión o expansividad, el cual es un comportamiento de las arcillas con alta plasticidad y contenido de minerales expansivos.

El perfil del suelo donde se apoyarán los elementos, de acuerdo con los lineamientos expuestos por la NSR-10, no presenta criterios dominantes para caracterizar el suelo como susceptible a licuefacción, pero al desarrollar el método semi-empírico de Seed and Idrish nos arroja que el suelo es susceptible a licuefacción por sus bajos valores de índice de plasticidad y la relación humedad/limite líquido, por ende, es importante resaltar que se debe evitar la saturación del material en el proceso constructivo.

Para la estratigrafía presente en el sitio, y el tipo de estructura a intervenir, se definió con el docente Julián Galvis de que se debe realizar una recomendación de instalar cimientos aislados superficiales, de acuerdo a que las propiedades de resistencia del suelo tomadas a partir del ensayo de compresión simple, dan valores de 4.6 kg/cm², 2.6 kg/cm² y 0.7 kg/cm² a una profundidad de 2.0 metros y 3.0 metros en promedio, esto clasifica al material con propiedades de resistencia frente a esfuerzos de compresión, tomando como referencia las cargas proyectadas de la estructura, se deduce que no se requiere de una cimentación profunda o de alguna intervención especial a la cimentación.

Resultados del estudio de la cercha metálica:

Elaboración del modelo de la cercha metálica, con base en la información recopilada y suministrada por el levantamiento topográfico y las directivas del Colegio Santa

Isabel de Hungría, se construyó un modelo completo de la cubierta metálica, para tener una mejor visualización de la cercha, no se presenta diseño de columnas, debido a que el diseño solamente está dirigido al análisis de cargas gravitacionales.

Durante la elaboración del diseño de la cubierta metálica se presentaron inconvenientes con el cumplimiento de resistencia de la cercha, debido principalmente a las dimensiones de la estructura, en el momento de modelar la estructura se evidenció que no estaba cumpliendo por algunos problemas de rigidez y resistencia en algunos elementos de los cordones superiores, para solucionar este inconveniente, se aumentó la altura de la cercha y se incrementó los diámetros, hasta que se alcanzaron las resistencia requeridas.

Los perfiles tubulares que cumplieron son: perfiles PTE tubulares de 4 pulgadas x 0.25 milímetros de espesor ubicados en los cordones superiores e inferiores de la cercha y perfiles PTE tubulares de 2 pulgadas x 0.25 milímetros de espesor ubicados en la parte central como en las diagonales de la cercha.

Se utilizan correas PTE rectangulares de 120 milímetros x 60 milímetros y 0.25 milímetros de espesor. Para fines de modelamiento en el programa se proponen 8 cerchas con separaciones de 5 metros, 5 cumbreras con separaciones de 6.6 metros, apoyando las cumbreras laterales en las columnas, 8 en total separadas a 5 metros.

6. APORTE AL CONOCIMIENTO

Con el trabajo desarrollado en el transcurso de la práctica, no solo se ha complementado el conocimiento teórico en el área de suelos, topografía y estructuras metálicas, sino también, se ha aprendido acerca de la modelación de una cubierta metálica en el software de SAP 2000. Algunos de esos aportes son:

- En levantamiento topográfico se empleó conceptos aprendidos en clase teórica y se llevó a la práctica, donde se inició desde cero el levantamiento, por método de radiación y estos datos se plasmó en el programa de AutoCAD para el diseño de los planos arquitectónicos y de esta manera afianzar los conocimientos impartidos por los docentes de la Universidad Pontificia Bolivariana. El aporte en el área de topografía fue muy importante a la hora de caracterizar el sitio donde se desarrollará el estudio preliminar y diseño estructural académico de una cubierta metálica para la cancha deportiva del colegio Santa Isabel de Hungría y así proporcionar una mejor visualización a las directivas de la institución sobre cómo se lleva el proceso preliminar del diseño, así mismo darles a entender de una manera gráfica y didáctica los planos del área a trabajar.
- Un estudio de suelos tiene ciertos parámetros, debido a que estos son los que permiten saber las condiciones en que se encuentra el suelo, dentro de esos parámetros más importantes se encuentra aquellos cálculos de las propiedades físicas del suelo, la capacidad portante y asentamientos. Para el desarrollo de la actividad de estudio de suelos se empleó conceptos aprendidos en clase teórica y se llevó a la práctica, como el caso del ensayo estándar de penetración (SPT), la exploración del suelo se llevó a cabo mediante la ejecución de sondeos, se realizaron tres perforaciones por el método manual, a profundidades variables y fueron denominados S1, S2 Y S3, se tomaron varias muestras para luego ser caracterizadas en laboratorio con los respectivos estudios, estos ensayos y estudios se lograron ejecutar gracias a los equipos y laboratorio de suelos proporcionados por la Universidad Pontificia Bolivariana. Con el fin de realizar el respectivo análisis y los diferentes cálculos, así facilitando un informe detallado del estudio del suelo a las directivas de la institución Santa Isabel de Hungría, donde les permite visualizar y conocer las características geológicas y geotécnicas encontradas en el lugar.

- Los diseños estructurales son sumamente importantes a la hora de diseñar un proyecto, es preciso tener conocimiento de la Norma NSR- 10, para prevenir cualquier imprevisto con la estructura, debido a esto es que es de gran importancia revisar modelos y memorias de cálculo. Para llevar a cabo este diseño, se siguió las recomendaciones planteadas en la Norma NSR-10 capítulo B y F2, se analizaron las cargas y combinaciones a utilizar, se diseñó la cubierta metálica completa, para tener una mejor visualización de la cercha, así facilitando una mejor perspectiva del diseño preliminar a las directivas de la institución, pero solo se presenta el análisis de una cercha tipo y correa tipo.
- Conocer y poner en práctica los procedimientos en el modelamiento es importante para conseguir el diseño deseado y así alcanzar los objetivos propuestos. El estar en continuo proceso de indagación respecto al manejo del software SAP 2000 y sus conceptos fundamentales que se deben tener en cuenta durante su proceso de diseño, al realizar continuos análisis en la ejecución de las actividades correspondientes al montaje del modelo, se va desarrollando la habilidad de identificar falencias que presente el diseño al ser corrido, se va adquiriendo destreza para interpretar adecuadamente los datos ingresados al programa y dar soluciones a dificultades que se puedan presentar durante su desarrollo.

Como aporte a la práctica, en el cumplimiento con el modelo de la estructura metálica, se elaboró una cercha de la cubierta metálica del Colegio Santa Isabel de Hungría, con las especificaciones indicadas por la Norma NSR-10, capítulo B y F2, se generó una serie de imágenes correspondientes a las cargas asignadas a los elementos que conforma dicha cercha y así proporcionando a la institución una idea de cómo sería conformada su cubierta metálica con este tipo de cercha. Es necesario resaltar que este diseño es estrictamente académico, si se desea llevar a la construcción debe ser revisado por un profesional y hacer los respectivos análisis.

7. CONCLUSIONES

Es importante destacar que, en la visualización del área, notamos e indagamos varios datos importantes como es la existencia de una pequeña quebrada al lado de la gradería izquierda, seguido de varios pozos paralelos a la quebrada, lo que nos lleva a caracterizar esa zona.

Para el desarrollo eficiente del estudio arquitectónico se tuvo ciertos criterios en cuenta, como cuál es la necesidad que presenta el colegio Santa Isabel de Hungría, además tener presente las diferentes recomendaciones que había dado el colegio acerca del tipo de cubierta para su cancha.

Para que un estudio geotécnico pueda ser óptimo y aceptado debe contener las recomendaciones mínimas que se encuentran establecidas en la Norma NSR-10, la cual especifica la descripción del proyecto, contiene estudios geológicos, ensayos que determinen los parámetros geomecánicas del terreno, cálculos de la capacidad y comportamiento del suelo.

Mediante sondeos de campo fue posible identificar el tipo de suelo que se encuentra alrededor de la cancha deportiva del Colegio Santa Isabel de Hungría, este está conformado por arenas con algunas presencias de gravas y finos con baja plasticidad de consistencia firme a muy firme.

El perfil de suelo existente en el sitio del estudio se clasifica como perfil tipo D, los valores de las velocidades de corte se encuentran entre 200 y 436 m/s, los valores de N de campo se encuentran entre 15 y 50 golpes/pie, suelos de consistencia rígidos.

Debido a la variación de las características geotécnicas y de los materiales que conforman el subsuelo de fundación, es posible que las condiciones de cimentación varíen drásticamente de una zapata a otra, por tanto, se recomienda que la capacidad de carga, asentamientos y profundidades, son adaptables solo al sitio donde se realizó dicho sondeo.

Al llevar a cabo la determinación de la profundidad y ejecución de fundación es necesario contar con la supervisión de un ingeniero de suelos para que este verificando la estratigrafía del suelo y sus cambios.

Por las condiciones que nos dio los resultados de índice plástico y limite líquido de los tres sondeos, se determina que el suelo presente posee un potencial Bajo de expansión, se recomienda durante el proceso de construcción, no incrementar la humedad del suelo.

El diseño de la cubierta metálica se realizó en el software SAP 2000, programa en el cual al momento de diseñar la estructura se puede especificar sus propiedades y dimensiones, se modeló la estructura completa para tener una mejor representación de la cercha, además para evaluar el desempeño de la estructura metálica, se tuvo en cuenta la Norma vigente de diseño Sismorresistente NSR-10-capitulo- B y F2, cabe mencionar que el análisis se centra solamente en la cercha tipo y correas tipo, debido a que el diseño no es sísmico y solo se analizó los elementos por carga gravitacionales y efecto de viento.

En la actualidad existen varios programas para diseñar estructuras, se optó por el programa de SAP 2000, por su gran versatilidad y además la universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga cuenta con la licencia de este software. Se desarrolló un modelo de una cubierta metálica completa para tener una mejor representación de la cercha y que solo estará orientada al análisis de cargas gravitacionales.

Para un desarrollo eficiente de la metodología de la cubierta metálica se requirió el entendimiento de los diferentes elementos que conforman una estructura metálica, los parámetros y análisis que influyen en la misma, y algunos conceptos básicos para el modelamiento, se obtuvieron las cargas axiales productos de las combinaciones en los diferentes elementos. Esto, teniendo en cuenta la Norma Sismo Resistente NSR-10, capítulo B y F2.

Un análisis del software SAP 2000 permite además de evaluar el sistema de distribución de cargas vivas, muertas, viento (esta carga se aplicó considerando los efectos de succión y compresión en las dos direcciones principales del modelo) e identificar los elementos críticos del diseño, resaltar la importancia de las combinaciones dentro del sistema de distribución, mediante este análisis se obtuvieron las cargas axiales, estas cargas nos muestran que el diseño de la cercha está cumpliendo, cabe mencionar que no se abordó el tema de columnas puesto que el diseño era solamente de elementos gravitacionales.

Este diseño es netamente académico con finalidad de aplicar los conceptos vistos en las asignaturas básicas de la carrera, si se desea llevar a la construcción debe ser revisado y complementado por un profesional.

8. BIBLIOGRAFÍA

- A. Torres, E. (2001). *Topografía*. Santafé de Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- AC-Ingeniería. (2018). Construcción de cubierta termo-acústica y estructura metálica. San Pedro.
- Alcántara, D. (2014). *Topografía y sus aplicaciones*. México: Continental.
- C.McCormac, J. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero*. México.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa.
- Das, B. M. (2016). *Fundamento de ingeniería de fundaciones*. México: Cengage Learning.
- E.Gustin, J. (1980). *Estructura metálica*. Barcelona, España: Editores técnicos asociados, s.a.
- GruntWork. (2018). *CSI SPAIN-Computers and Structures, Inc.* Obtenido de <http://www.csiespana.com/software/2/sap2000>
- Grupo Industrial P y C, S. (2018). Estructura Metálica y Policarbonato. Estado de Puebla.
- Ingenierías. (s.f.). *Estahl ingenierías estructuras de acero*. Obtenido de <http://estahl.com.co/uso-del-acero-las-estructuras-metalicas-modernas/>
- INGEOMINAS, I. C. (2005). *ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA DE ALGUNAS LADERAS DE LOS MUNICIPIOS DE BUCARAMANGA, FLORIDABLANCA, GIRÓN Y PIEDECUESTA*. Bucaramanga : INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS.
- Instituto Nacional de Vías, N. d. (2012). Ensayo Normal de Penetración (SPT) y muestreo de suelos con tubo partido.E-111-13. Bogotá: INVIAS. Recuperado el 11 de Junio de 2018
- INVIAS, E. G. (2013). *Determinación de Límite Líquido de los suelos I.N.V.E-125-13*. Bogotá: Instituto Nacional de Vías.
- INVIAS, E. G. (2013). *Ensayo Normal de Penetración (SPT) y muestreo de suelos con tubo partido.E-111-13*. Bogotá: Instituto Nacional de Vías. Recuperado el 11 de Junio de 2018
- INVIAS, E. G. (2013). *Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos I.N.V.E-126-13*. Bogotá: Instituto Nacional de Vías.
- J.Royero Gutierrez, J. C. (2001). *TuinfoPRO*. Recuperado el 30 de mayo de 2018, de <http://www.tuinfoapro.com/?memoriassantander>
- Juarez Badillo, E. (2005). *Mecánica de suelos*. México: Limusa.
- Manrique, C. (2017). *Evaluación del comportamiento de terraplenes realizados con geobloques sobre suelos compresibles*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- NSR-10, R. C. (2010). *Título B-Cargas*. Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Resistentes, C. a. (2010). Estudios Geotécnicos. Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

S.A, S. y. (2018). *Estudios de suelos Planta de Tratamiento*. Piedecuesta, Santander.

Vias, I. N. (2012). Normas de Ensayo de materiales para Carretera. Bogota: INVIAS.

9. ANEXOS

9.1. Registro fotográfico

Anexo 1: Levantamiento topográfico.



Anexo 2: Ensayo de SPT por sondeos





Anexo 3 :Ensayo de laboratorio, compresión simple



Anexo 4: Ensayo de límite de plasticidad

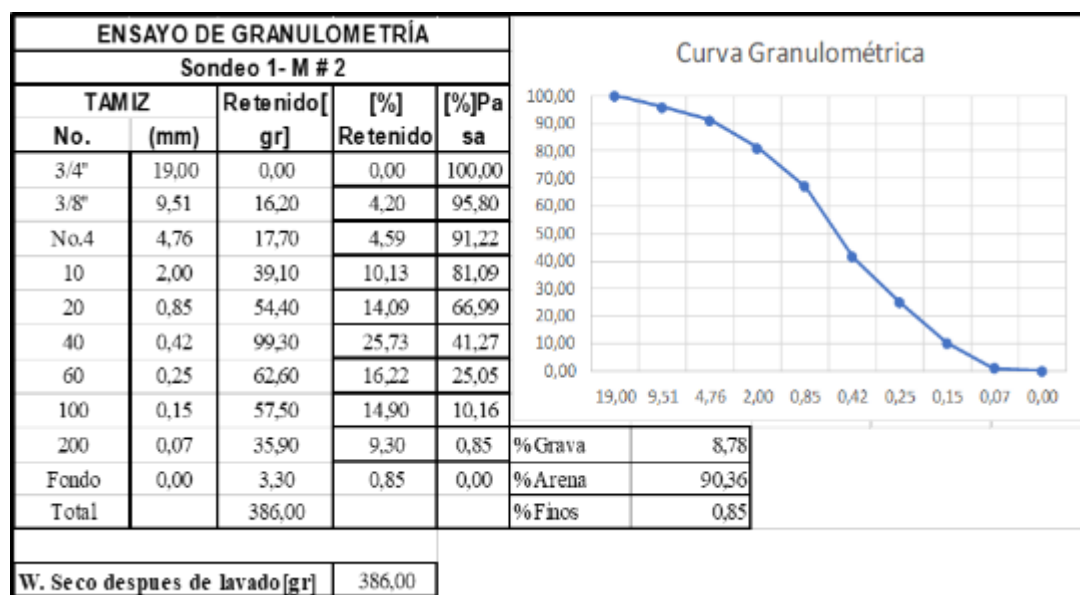
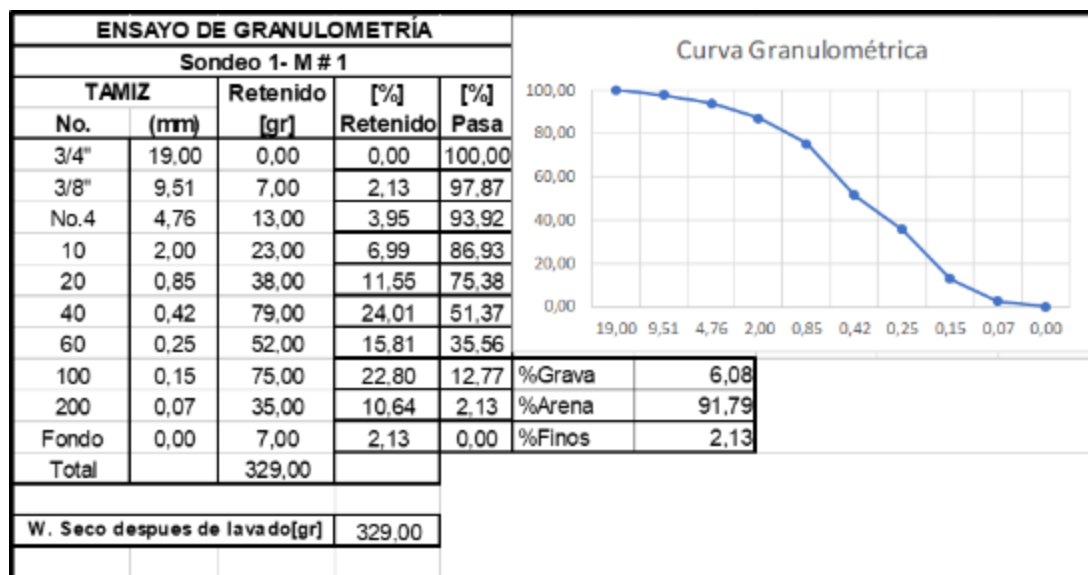


Anexo 5: Ensayo de límite de líquido.

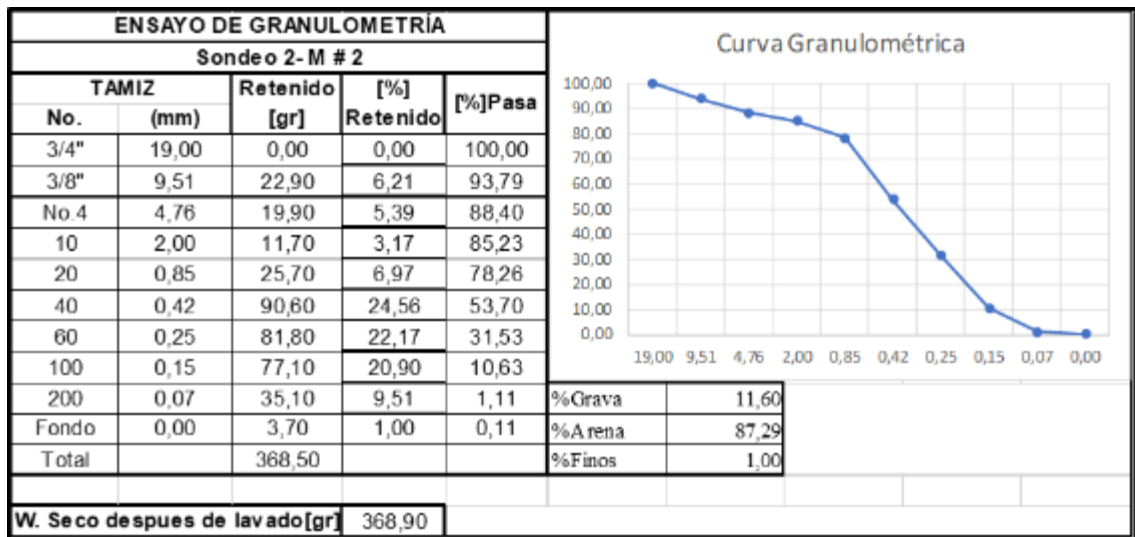
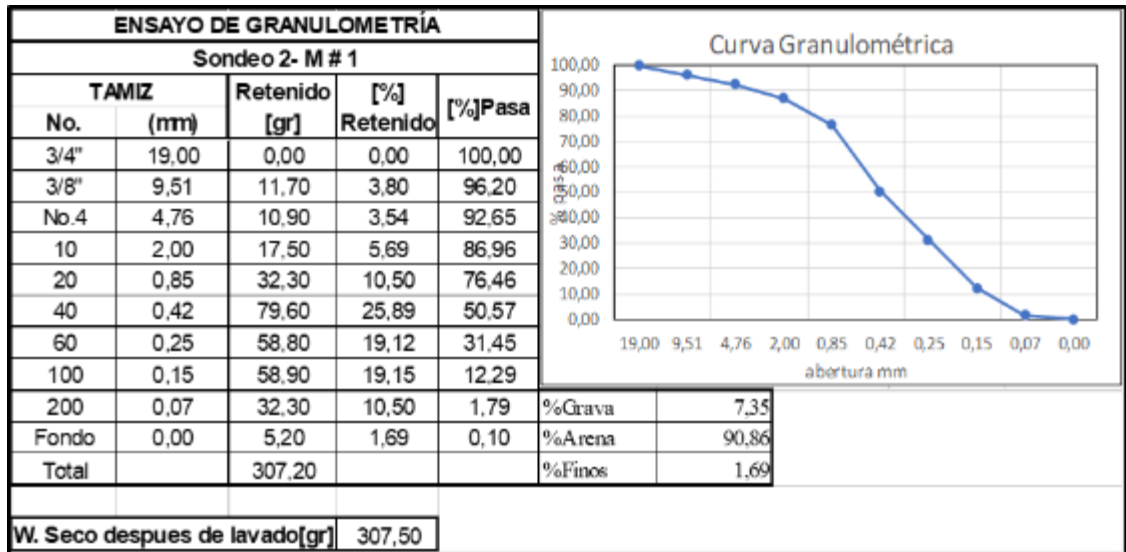


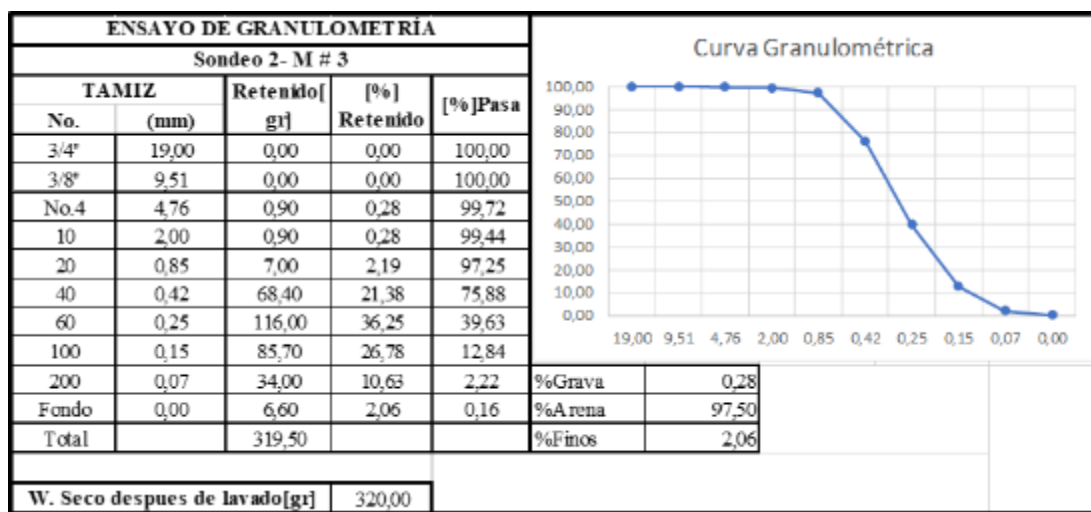
9.2. Tablas de granulometría

Anexo 6 : Sondeo 1

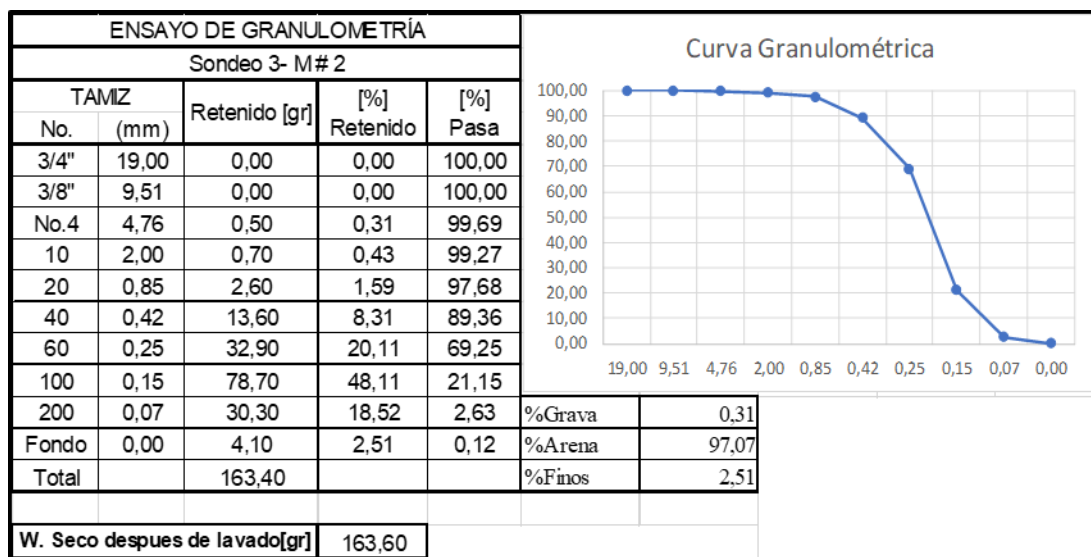


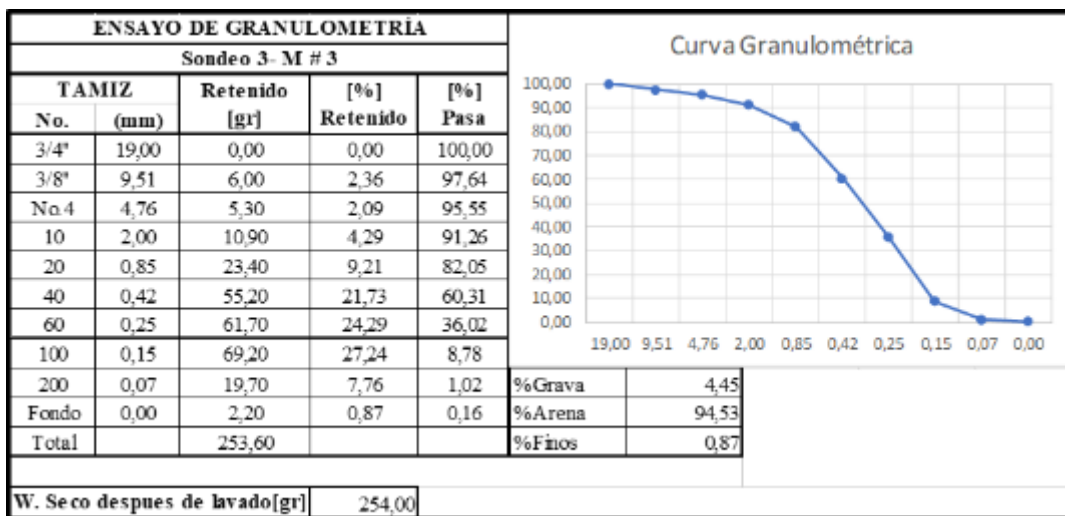
Anexo 7: Sondeo 2





Anexo 8: Sondeo 3





9.3. Límite de ATTERBERG

Anexo 9: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 1

LÍMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 1-MUESTRA 1			
LÍMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	19	24	38
P1(gr)	41,72	41,52	47,99
P2(gr)	38,89	38,84	45,03
P3(gr)	27,4	27,29	31,94
%HUMEDAD	24,63	23,20	22,61
LÍMITE LIQUIDO		23,48	
LÍMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 1-MUESTRA 2			
LÍMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	14	27	34
P1(gr)	37,39	54,97	35,75
P2(gr)	34,16	52,26	33,15
P3(gr)	21,14	40,68	21,2
%HUMEDAD	24,81	23,40	21,76
LÍMITE LIQUIDO		23,32	

Anexo 10: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 2

LIMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 2-MUESTRA 1			
LIMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	15	26	38
P1(gr)	38,81	31,98	58,52
P2(gr)	36,21	29,70	54,73
P3(gr)	27,36	21,30	40,59
%HUMEDAD	29,38	27,14	26,80
LIMITE LIQUIDO		27,77	
LIMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 2-MUESTRA 2			
LIMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	15	25	35
P1(gr)	40,69	29,23	33,81
P2(gr)	37,71	27,55	30,64
P3(gr)	27,45	21,12	21,27
%HUMEDAD	29,04	26,13	33,83
LIMITE LIQUIDO		29,67	
LIMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 2-MUESTRA 3			
LIMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	20	26	34
P1(gr)	32,43	42,96	28,91
P2(gr)	30,01	40,75	27,50
P3(gr)	21,11	32,14	21,78
%HUMEDAD	27,19	25,67	24,65
LIMITE LIQUIDO		25,84	

Anexo 11: Tablas de límite de Atterberg-sondeo 3

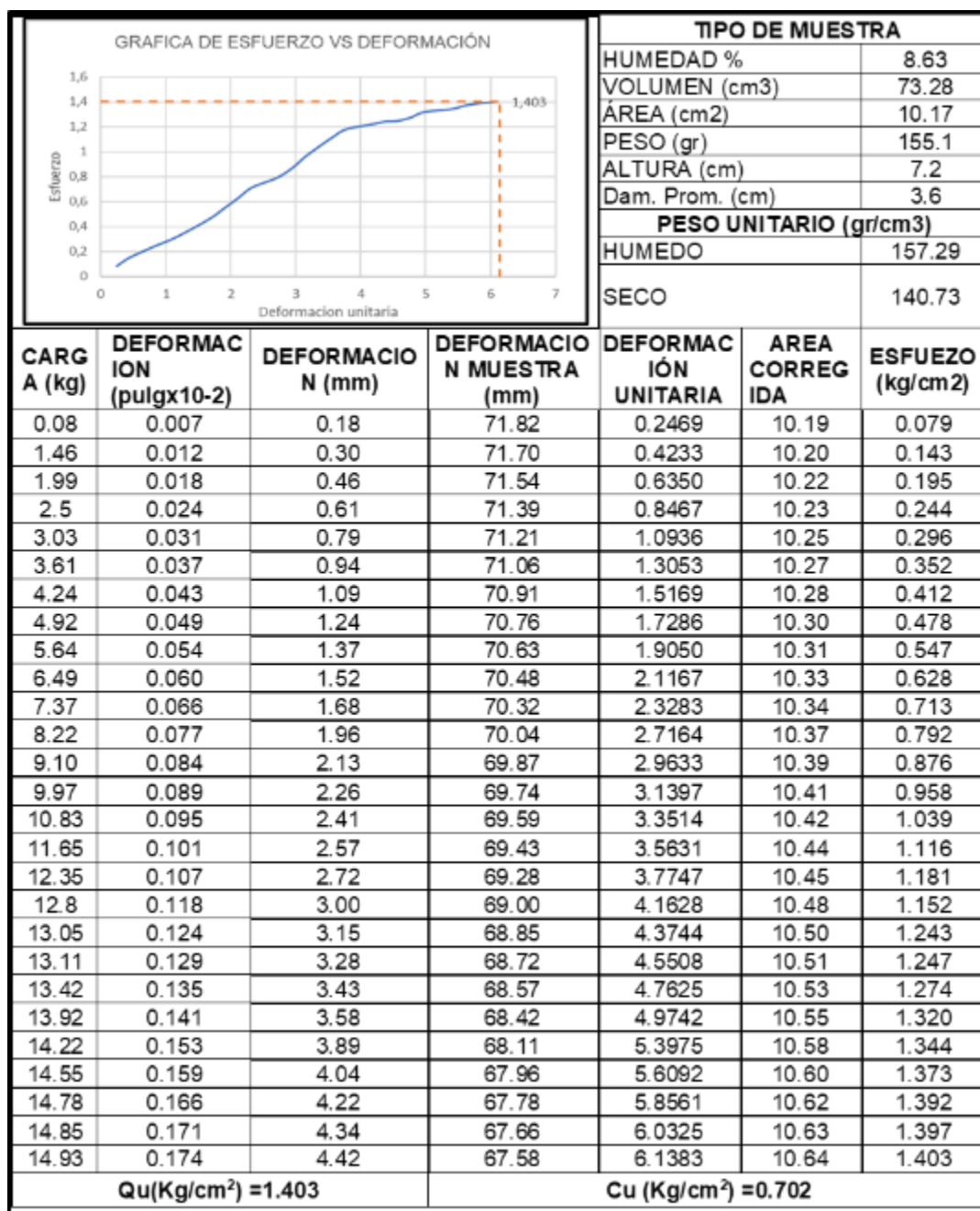
LÍMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 3-MUESTRA 1			
LÍMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	19	28	35
P1(gr)	25,76	36,38	35,55
P2(gr)	24,48	35,36	33,52
P3(gr)	20,87	32,24	27,19
%HUMEDAD	35,46	32,69	32,07
LÍMITE LIQUIDO		33,41	
LÍMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 3-MUESTRA 2			
LÍMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	18	24	31
P1(gr)	26,55	36,42	26,85
P2(gr)	25,42	35,46	25,61
P3(gr)	21,34	31,90	20,96
%HUMEDAD	27,70	26,97	26,67
LÍMITE LIQUIDO		27,11	
LÍMITES DE ATTERBERG			
SONDEO 3-MUESTRA 3			
LÍMITE LIQUIDO			
No.GOLPES	16	24	36
P1(gr)	26,95	31,64	24,22
P2(gr)	25,8	30,69	23,24
P3(gr)	21,39	27,01	18,99
%HUMEDAD	26,08	25,82	23,06
LÍMITE LIQUIDO		24,98	

Anexo 12: índice de plasticidad

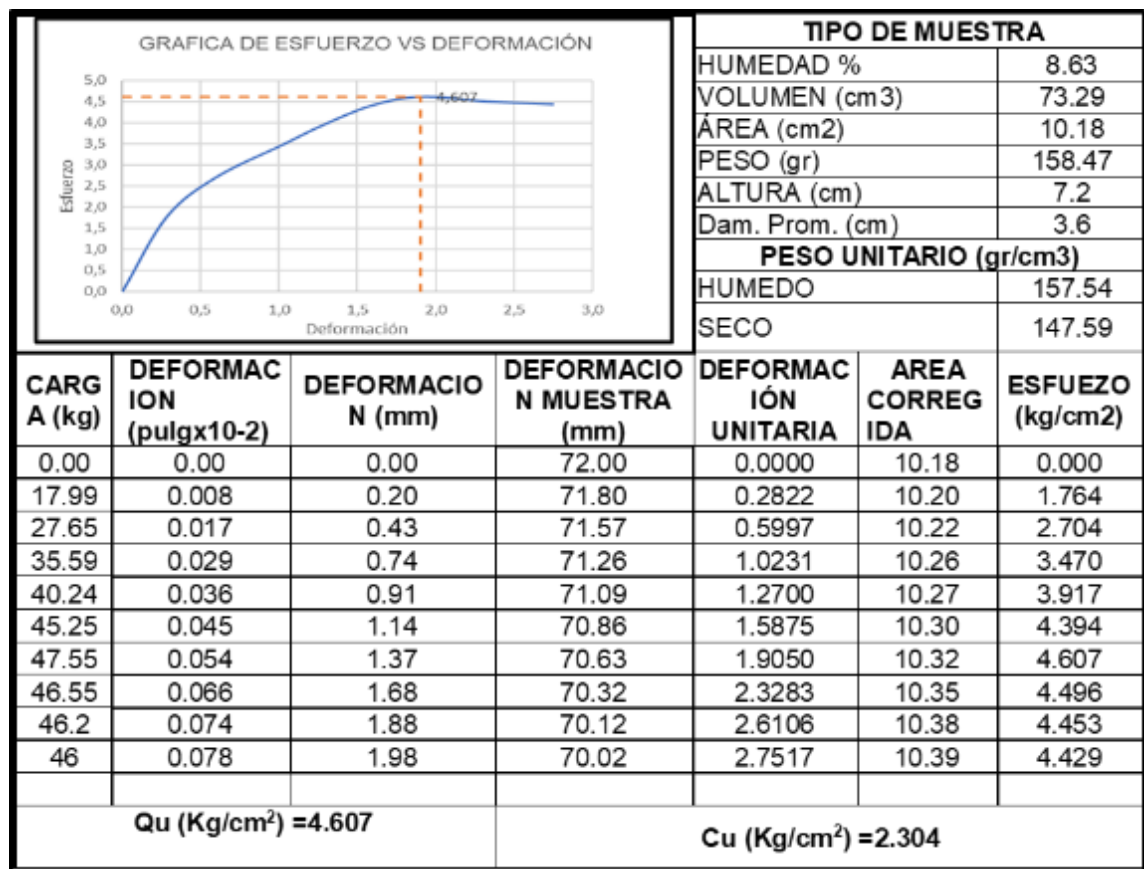
INDICE DE PLASTICIDAD			
	LL	LP	IP
SONDEO 1	23,40	20,77	2,63
SONDEO 2	27,76	22,10	5,66
SONDEO 3	28,50	21,99	6,51

9.4. Compresión simple

Anexo 13: Compresión simple-sondeo 1-muestra 4



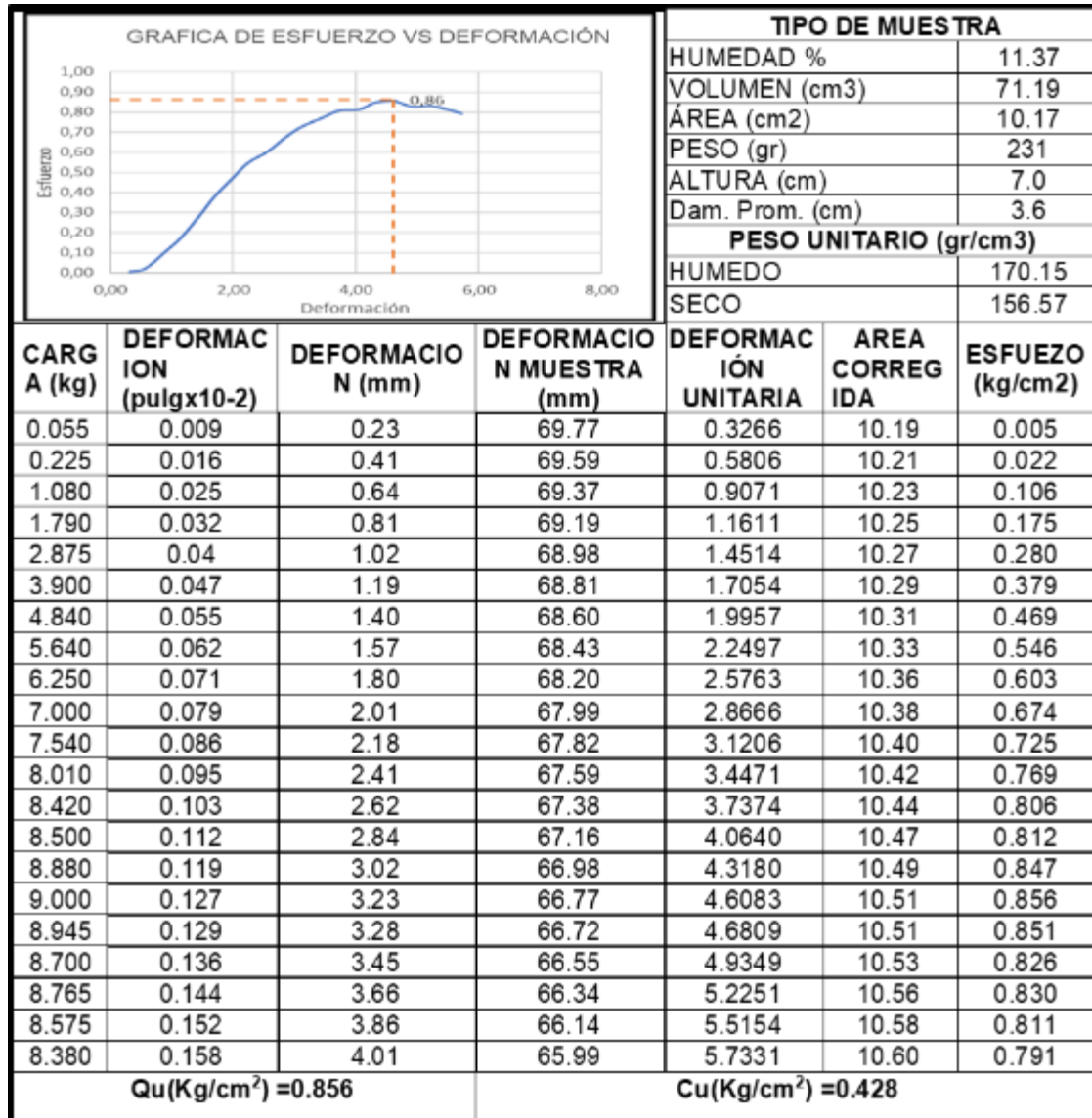
Anexo 14: Compresión simple-sondeo 1-muestra 6



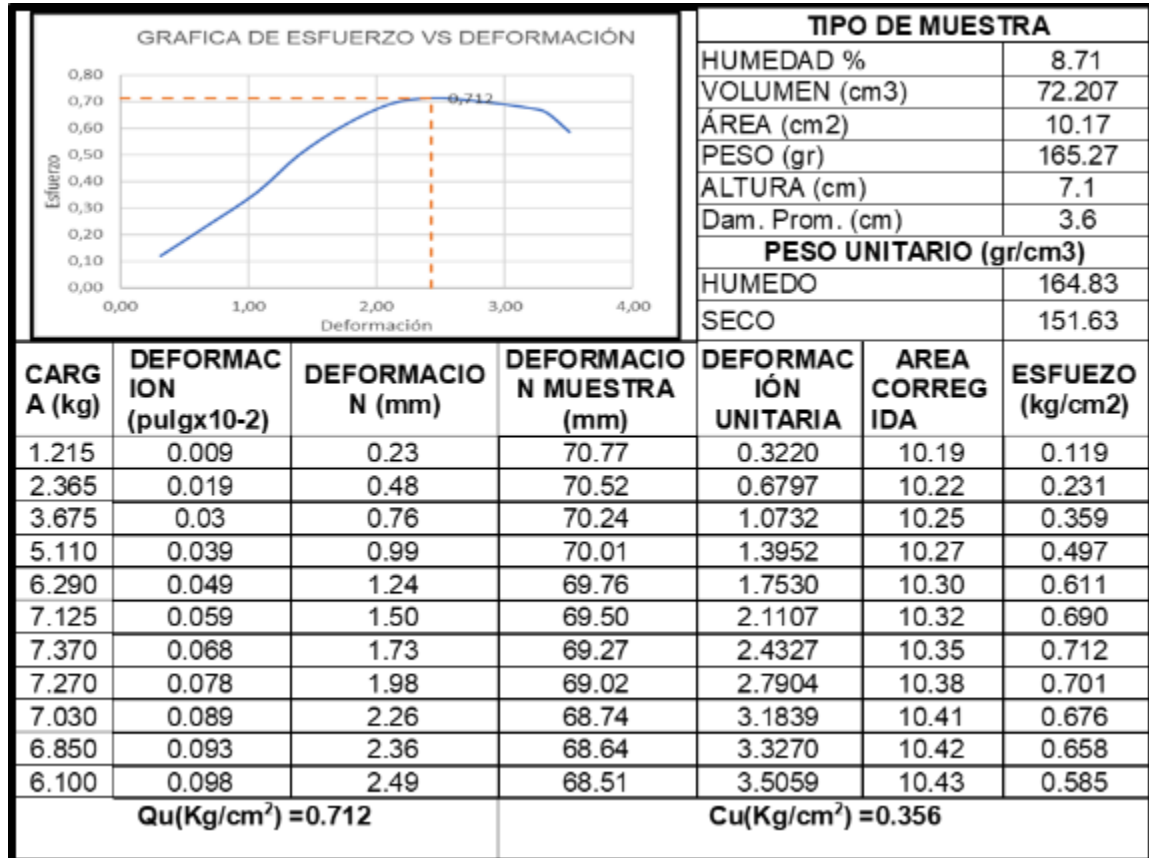
Anexo 15: Compresión simple-sondeo 2-muestra 4



Anexo 16: Compresión simple-sondeo 3-muestra 4

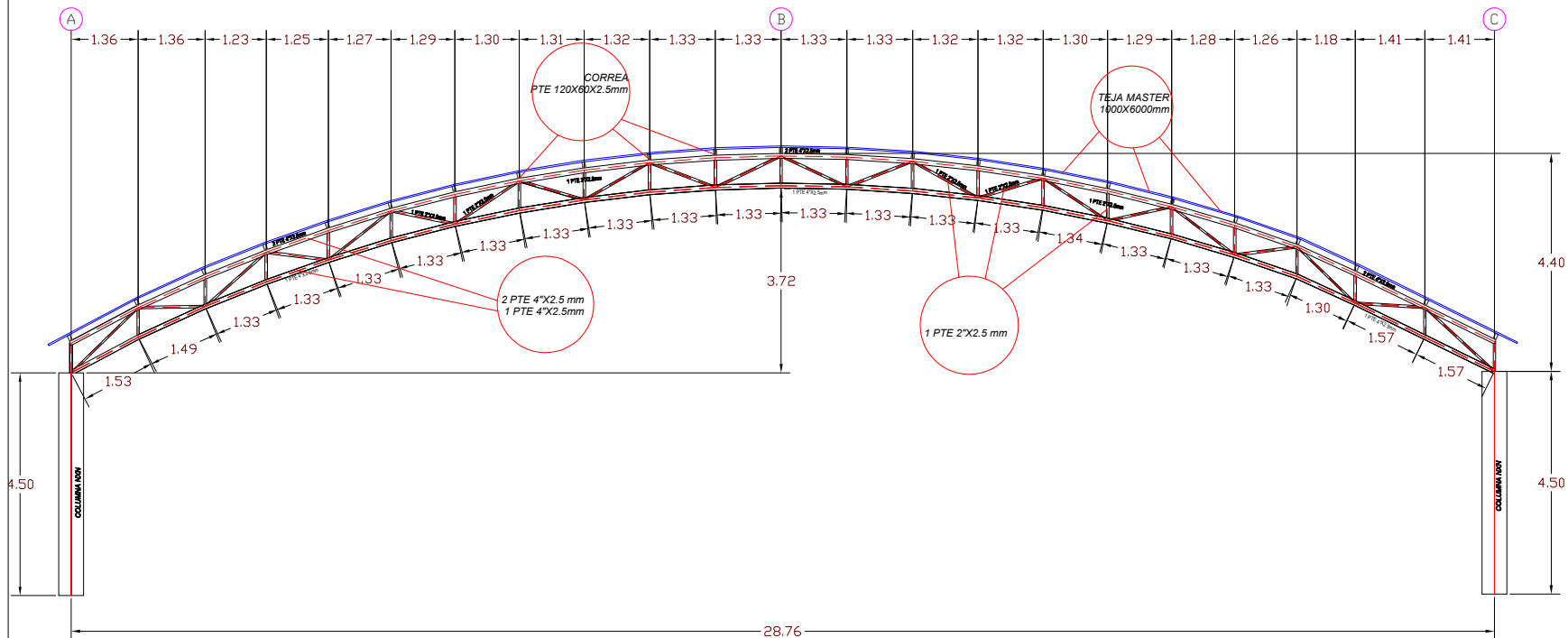


Anexo 17: Compresión simple-sondeo 3-muestra 6



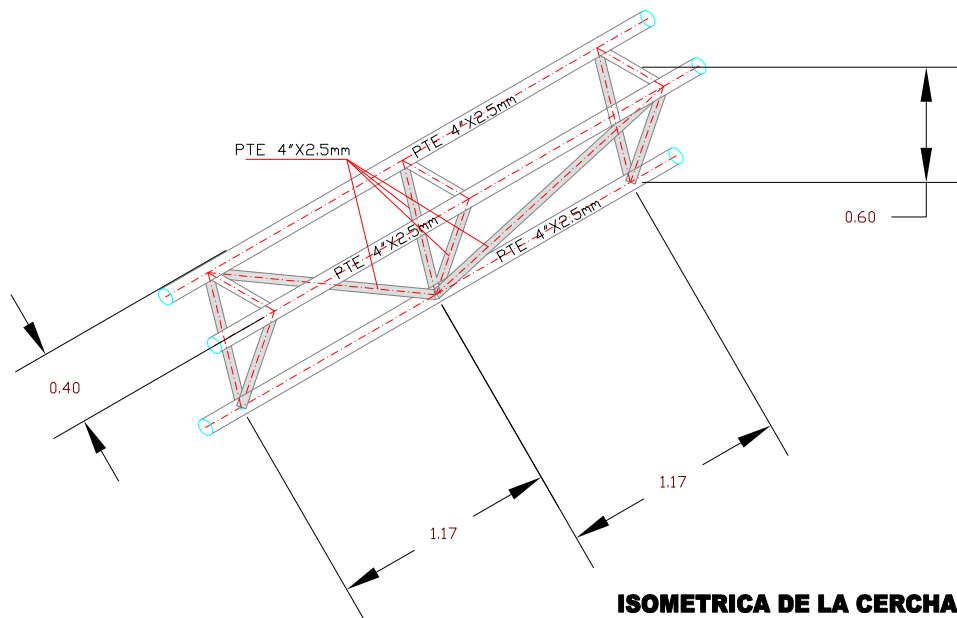
9.5. Planos de la cercha estructural

Anexo 18: Planos de la cercha metálica.



PERFIL ESTRUCTURAL EJES 1,2,3,4,5,6,7,8.

ESC. 1:3.5



ISOMETRICA DE LA CERCHA [m]

ESCALA 2 : 1

PROYECTO:

DISEÑO ESTRUCTURAL

PROPIETARIO:

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

LOCALIZACION:

COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRIA-BARRIO VILLAVEL

FLORIDABLANCA, SANTANDER

CONTIENE:

- PERFILES TRANSVERSALES
- CERCHA TRANSVERSAL
- ISOMETRICA ESTRUCTURAL

ESCALA:

INDICADA

DIGITALIZO:

YARIH VALDERRAMA,
FABIAN GELVIS

DISEÑO:

YARIH VALDERRAMA, FABIAN GELVIS
ESTUDIANTES DE ING CIVIL, PRACTICA SOCIAL

PLANO
No.:

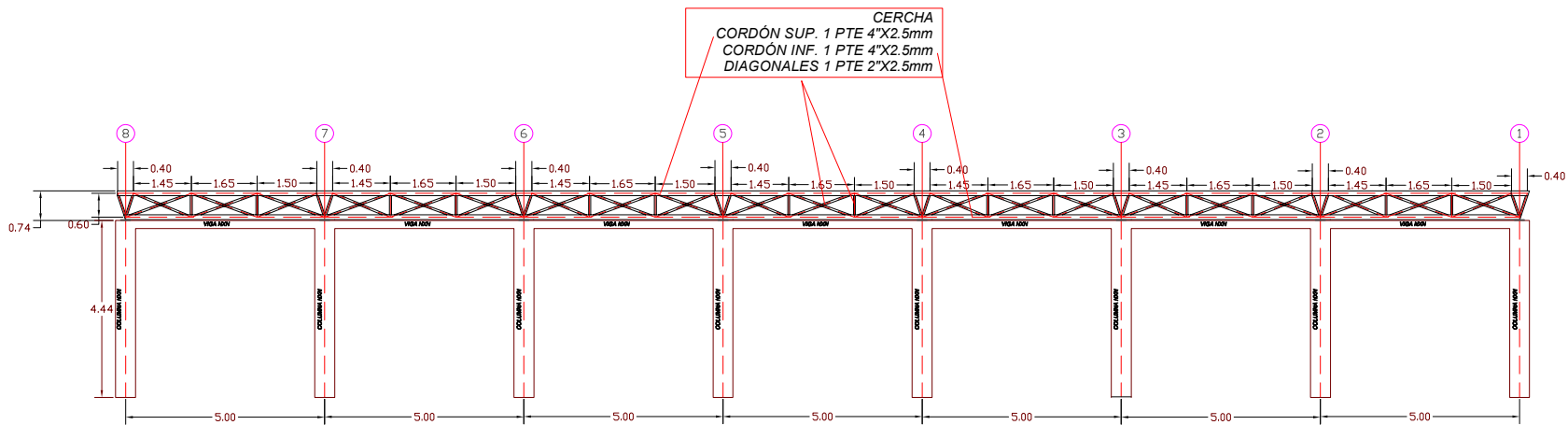
1 DE 3

FECHA:

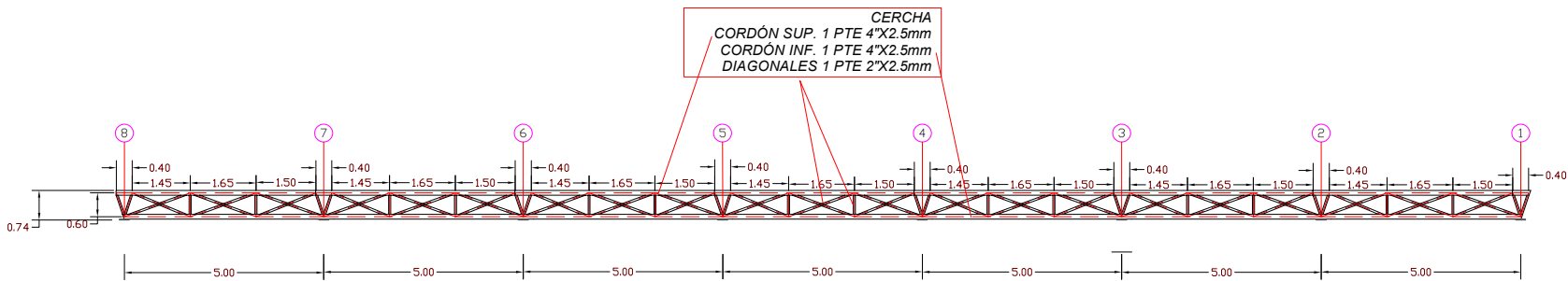
SEPTIEMBRE 2018

OBSERVACIONES:

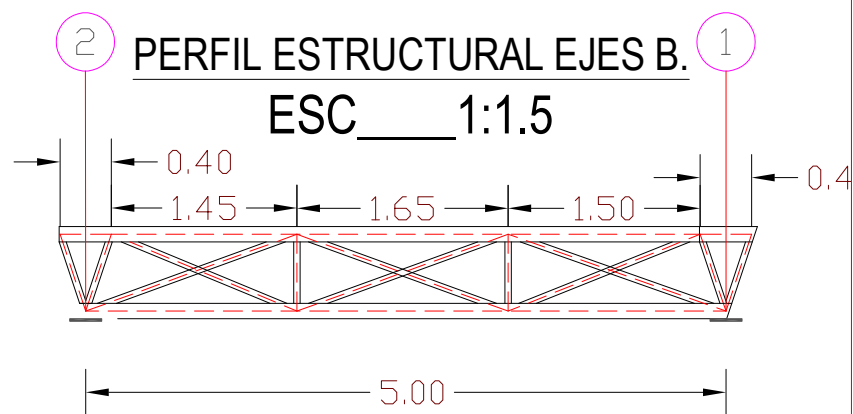
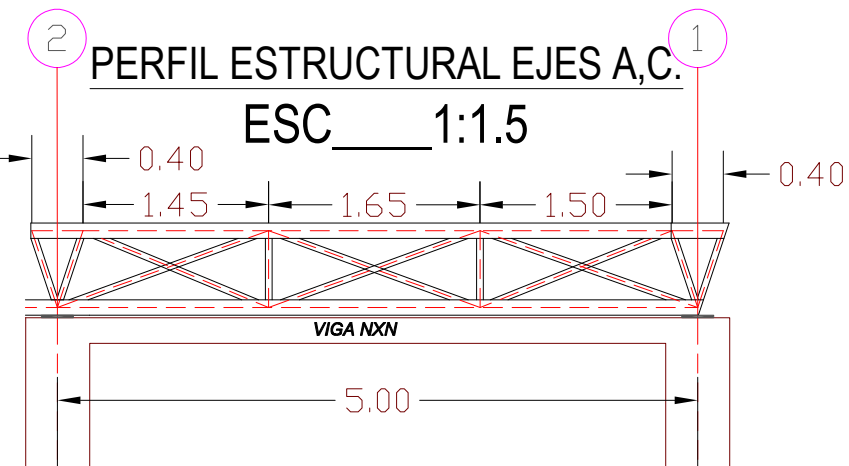
ES DE IMPORTANCIA RESALTAR QUE LOS DISEÑOS AQUÍ PRESENTADOS FUERON REALIZADOS CON MOTIVOS ACADEMICOS Y NO SE DEBEN UTILIZAR COMO DISEÑOS DEFINITIVOS PARA UNA FUTURA CONSTRUCCIÓN



PERFIL ESTRUCTURAL EJES A.C.
ESC ____ 1:4



PERFIL ESTRUCTURAL EJES B.
ESC ____ 1:4



PROYECTO:

**DISEÑO
ESTRUCTURAL**

PROPIETARIO:

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA
BOLIVARIANA**

LOCALIZACION:

COLEGIO SANTA ISABEL DE
HUNGRIA-BARRIO VILLAVEL

FLORIDABLANCA, SANTANDER

CONTIENE:

PERFILES ESTRUCTURAL EJES A,B,C

ESCALA:

INDICADA

DIGITALIZO: **YARH VALDERRAMA,
FABIAN GELVIS**

DISEÑO:

YARH VALDERRAMA, FABIAN GELVIS
ESTUDIANTES DE ING CIVIL, PRACTICA SOCIAL

PLANO
No.:

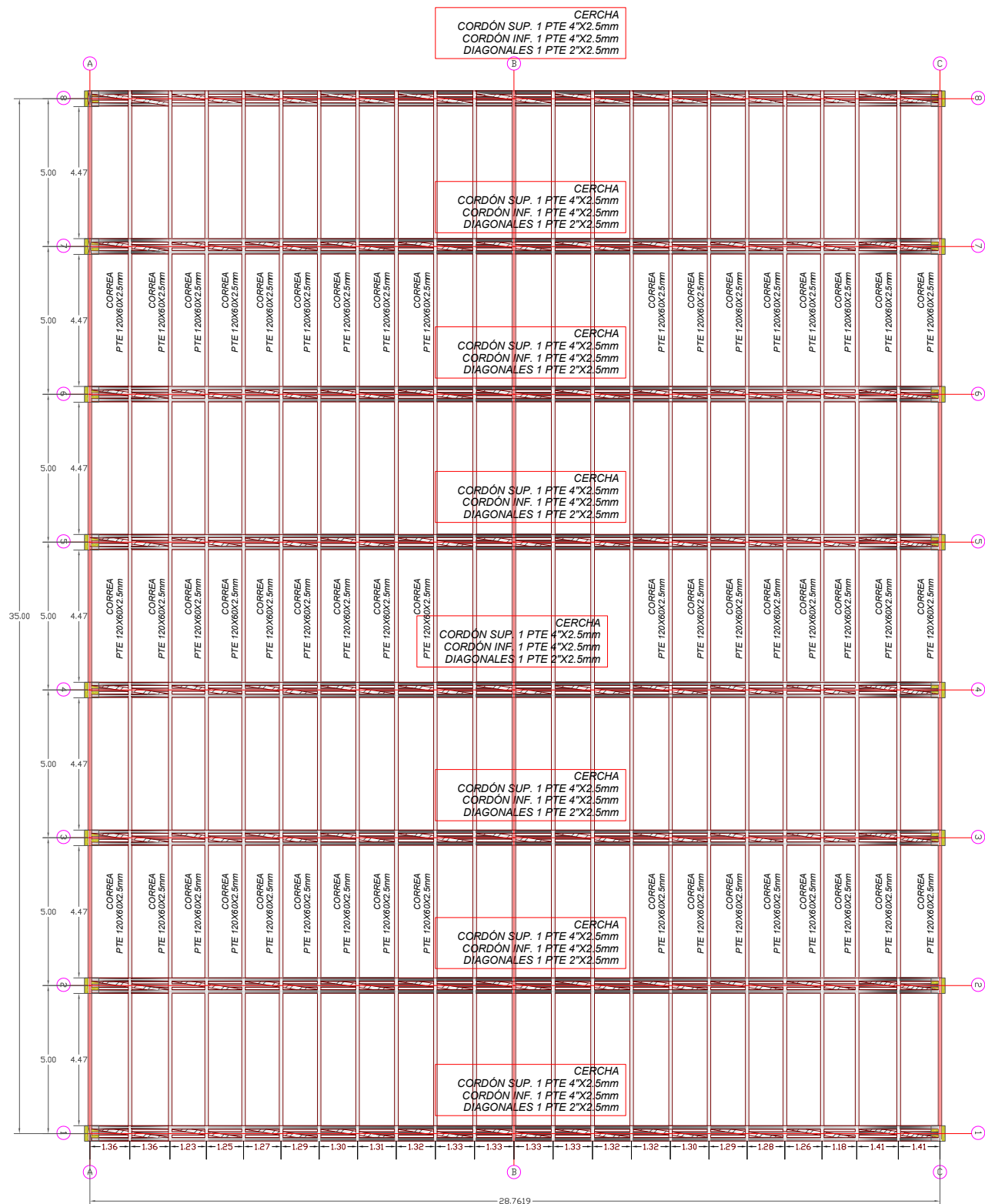
2 DE 3

FECHA:

SEPTIEMBRE 2018

OBSERVACIONES:

ES DE IMPORTANCIA RESALTAR QUE
LOS DISEÑOS AQUÍ PRESENTADOS
FUERON REALIZADOS CON MOTIVOS
ACADEMICOS Y NO SE DEBEN
UTILIZAR COMO DISEÑOS
DEFINITIVOS PARA UNA FUTURA
CONSTRUCCIÓN



PLANTA CUBIERTA
ESC. 1:5

PROYECTO:

DISEÑO
ESTRUCTURAL

PROPIETARIO:

UNIVERSIDAD PONTIFICIA
BOLIVARIANA

LOCALIZACION:

COLEGIO SANTA ISABEL DE
HUNGRIA-BARRIO VILLAVEL

FLORIDABLANCA, SANTANDER

CONTIENE:

VISTA EN PLANTA Y DIMENSIONES

ESCALA:

INDICADA

DIGITALIZO: YARIEH VALDERRAMA,
FABIAN GELVIS

DISEÑO:

YARIEH VALDERRAMA, FABIAN GELVIS
ESTUDIANTES DE ING CIVIL, PRACTICA SOCIAL

PLANO
No.:

3 DE 3

FECHA:

SEPTIEMBRE 2018

OBSERVACIONES:

ES DE IMPORTANCIA RESALTAR QUE
LOS DISEÑOS AQUÍ PRESENTADOS
FUERON REALIZADOS CON MOTIVOS
ACADEMICOS Y NO SE DEBEN
UTILIZAR COMO DISEÑOS
DEFINITIVOS PARA UNA FUTURA
CONSTRUCCIÓN