

Práctica Empresarial con la empresa Dalmo S.A.S., como auxiliar en el área de diseño
estructural en edificaciones

Cristian Miguel Sotelo Ramos

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero Civil

Director

Luis Eduardo Zapata Orduz

Doctorado en Estructuras

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2020

Dedicatoria

A Dios por darme la salud, la esperanza, la sabiduría para enfrentar cada uno de los retos que se presentaron durante esta etapa de mi vida.

A Nidia Ramos quien ha hecho el papel de amiga, madre y padre, quien ha sido mi principal apoyo y pilar en el proceso para salir adelante, quien ha logrado formarme a través de sus enseñanzas para hacerme el hombre que hoy soy, para ti que siempre creíste en mí.

A Isaura Burgos mi abuela, mi madre, una persona ejemplar quien siempre me tuvo en sus oraciones, y me ha brindado su apoyo incondicional.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander y a todo su equipo de trabajo tanto a la escuela de Ingeniería Civil como a cada uno de los profesores que intervinieron en la formación académica, ya que es a través de su experiencia y conocimiento que fortalecen a los egresados para aportar a la profesión.

Un agradecimiento muy especial al Ingeniero Dalton Moreno Girardot por haberme dejado ser un miembro de su empresa, darme la confianza y colaboración para el desarrollo y solución de cada proyecto realizado.

A mi director de proyecto Luis Eduardo Zapata Orduz quien con su experiencia y conocimiento me ha orientado y ha guiado de la manera más correcta en la redacción de este trabajo de inicio a fin.

A toda mi familia, amigos, compañeros y a esas personas que me han brindado su apoyo incondicional, a través de la motivación y voz de aliento para avanzar en los obstáculos.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	15
1. Objetivos	17
1.1 Objetivo General	17
1.2 Objetivos Específicos	17
2. Marco referencial	18
2.1 Análisis Estructural	18
2.2 Amenaza sísmica	18
2.3 Espectro de Diseño	20
2.4 Sistemas Estructurales	21
2.5 Cargas	21
2.6 Configuración Estructural de la Edificación	22
2.6.1 Configuración en Planta	22
2.6.2 Configuración en Altura	23
2.7 Método de análisis	23
2.7.1 Método Dinámico	23
2.7.2 Método de la Fuerza Horizontal Equivalente	24
2.8 Derivas	25

3.	Generalidades	26
3.1	Modalidad de Trabajo	26
3.2	Empresa.....	26
3.2.1	Misión de la Empresa.....	27
3.2.2	Visión de la Empresa.....	27
4.	Metodología	28
4.1	Revisión y estudio de los reglamentos y manuales colombianos.....	28
4.1.1	Requisitos para el detallado de planos estructurales	29
4.2	Interpretación, corrección y realización de planos estructurales.....	35
4.2.1	Revisión de Planos	36
4.2.2	Detallado para el refuerzo	36
4.3	Análisis y modelamiento de sistemas estructurales.	38
4.3.1	Revisión de planos arquitectónicos.	39
4.3.2	Revisión del estudio de suelos	39
4.3.3	Datos de entrada para el análisis del proyecto.	39
4.3.4	Solicitudes de carga.....	39
4.3.5	Modelamiento.....	39
4.3.6	Análisis de resultados.....	39
4.4	Cantidad de obra estructural.....	45
5.	Proyectos Realizados.....	45
5.1	Proyecto 1. Proyecto Florida la Sierra.	45
5.2	Proyecto 2 Proyecto San Juan de la Cuesta.....	49

5.3	Proyecto 3 Proyecto Lebrija.....	57
5.4	Proyecto 4 Proyecto Edic UIS.....	58
6.	Conclusiones.....	60
	Referencias Bibliográficas.....	62
	Apéndices.....	65

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Títulos estudiados en el Reglamento NSR-10, para el análisis y diseño sismo resistente	28
Tabla 2 Diámetros mínimos de doblado	30
Tabla 3 Comparativa para la longitud del gancho para el anclaje de barras longitudinales	32
Tabla 4 Longitud de empalme para barras longitudinales por Dalmo S.A.S.	33
Tabla 5 Comparativa para la longitud de empalme para barras longitudinales.....	33
Tabla 6 Proceso para el detallado y ejecución de planos estructurales.....	35
Tabla 7 Procedimiento de datos para el modelado en ETABS	39
Tabla 8 Irregularidad en altura.....	42
Tabla 9 Irregularidad en planta	43
Tabla 10 Derivas máximas como porcentaje de la altura de piso.....	44
Tabla 11 Información general del proyecto Florida de la Sierra	47
Tabla 12 Resumen para el detallado y despiece de las vigas de cimentación. Proyecto Florida la Sierra.....	48
Tabla 13 Información general del proyecto Florida de la Sierra	50
Tabla 14 Datos de entrada para el análisis de la recepción en ETABS, proyecto San Juan de la Cuesta.....	51
Tabla 15 Periodos de vibración en segundos de acuerdo con el espectro elástico de aceleraciones	52
Tabla 16 Periodos de vibración, ETABS.....	53

Tabla 17 Masa y respuesta de la estructura, ETABS.....	53
Tabla 18 Resultado del cortante en la base y chequeo de las fuerzas horizontales	54
Tabla 19 Resumen para el detallado de las columnas para el proyecto San Juan de la Cuesta...	55
Tabla 20 Resumen para el detallado de las columnas para el proyecto San Juan de la Cuesta...	56
Tabla 21 Información general del proyecto Lebrija	57
Tabla 22 Resumen para el detallado y despiece de las vigas de cimentación. Proyecto Lebrija.	58
Tabla 23 Información general del proyecto Edic UIS	59

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de la gravedad	20
Figura 2 Ilustración grafica de la distribución de las fuerzas del Método de Fuerza Horizontal Equivalente.	25
Figura 3 Logo DALMO S.A.S.....	27
Figura 4 Diámetro de doblado	30
Figura 5 Detalles de la barra para desarrollar el gacho estándar	30
Figura 6 Longitud de gancho para barras	31
Figura 7 Descripción general en planta. Proyecto Florida la Sierra	46
Figura 8 Posicionamiento de muros para la cimentación nivel -2.80 metros. Proyecto Florida la Sierra.....	46
Figura 9 Posicionamiento de muros para la cimentación nivel 0.00 metros. Proyecto Florida la Sierra.....	47
Figura 10 Modelo de la recepción en ETABS	50
Figura 11 Espectro elástico de aceleración, ETABS	52
Figura 12 Descripción general en planta. Proyecto Lebrija.....	57
Figura 13 Vista en planta del posicionamiento de muros y columnas para el proyecto Edic UIS	59

Lista de ecuaciones

	Pág.
Ecuación 1. Longitud de gancho para barras longitudinales de acuerdo con el Reglamento NSR-10.....	31
Ecuación 2. Longitud de gancho para barras longitudinales de acuerdo con DALMO S.A.S.	31
Ecuación 3. Área mínima del refuerzo longitudinal en flexión	36
Ecuación 4. Cuantía mínima del refuerzo.....	37
Ecuación 5. Numero de barras para cumplir con el área de acero mínima requerida por el Reglamento NSR-10	37
Ecuación 6. Separación entre barras de refuerzo longitudinales	38
Ecuación 7. Coeficiente para el ajuste de resultados para estructuras regulares	41
Ecuación 8. Coeficiente para el ajuste de resultados para estructuras irregulares.....	41
Ecuación 9. Coeficiente de capacidad de disipación de energía.....	43

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A Planta final de la viga de cimientos N-2.80 del Proyecto Florida de la Sierra	65
Apéndice B Planta final de la viga de cimientos N-0.00 del Proyecto Florida de la Sierra.....	65
Apéndice C Sección transversal para vigas y corte típico de la losa de cimentación del Proyecto Florida de la Sierra.....	66
Apéndice D Despiece longitudinal de las vigas de cimiento para el proyecto Florida de la Sierra	67
Apéndice E Área del refuerzo requerido por diseño en ETABS para el proyecto San Juan de la Cuesta.....	67
Apéndice F Área de refuerzo para el acero de las vigas en la cubierta para el proyecto San Juan de la Cuesta	68
Apéndice G Detallado de los elementos en planta para la cubierta y cimentación de la recepción del proyecto San Juan de la Cuesta	68
Apéndice H detallado para vigas de la cubierta y cimentación de la recepción para el proyecto San Juan de la Cuesta	69
Apéndice I Detalle del despiece para las columnas C1 y C2 para la recepción del proyecto San Juan de la Cuesta.....	69
Apéndice J Planta final de las vigas de cimientos del Proyecto Lebrija.....	70
Apéndice K Sección transversal para vigas y corte típico de la losa de cimentación del Proyecto Lebrija.....	71
Apéndice L Despiece longitudinal de las vigas de cimiento para el proyecto Lebrija	72

Apéndice M Detallado general para el refuerzo puesto in- situ de losa de cimentación 50 cm ..	72
Apéndice N Detallado del refuerzo adicional inferior en sentido longitudinal para la losa de cimentación de 50 cm	73
Apéndice O Detalles de columnas, proyecto Edic UIS	74
Apéndice P Detalles del Muro 2, proyecto Edic UIS	75
Apéndice Q Detalles del Muro 6, proyecto Edic UIS	76
Apéndice R Detallado del figurado de las columnas, proyecto Edic UIS	77
Apéndice S Detallado del figurado para los muros, proyecto Edic UIS	78

Resumen

Título: Práctica Empresarial con la empresa Dalmo S.A.S., como auxiliar en el área de diseño estructural en edificaciones.*

Autor: Cristian Miguel Sotelo Ramos.**

Palabras Clave: Planos Estructurales, Requisitos, Diseño estructural, Irregularidades, ETABS, Cantidad de obra estructural.

Descripción:

Este documento presenta los detalles de proyectos que fueron creados en el campo profesional de la ingeniería estructural a través de las prácticas empresariales, para la cual se sigue una metodología y proceso con el fin de llevar un orden tanto en la incorporación con la empresa como en el análisis y diseño de edificaciones como auxiliar, se aplica el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, como ente regulador de los requisitos mínimos de diseño y construcción de las edificaciones colombianas.

Las prácticas empresariales se llevaron a cabo en la empresa Dalmo S.A.S., ubicada en Colombia en la ciudad Bucaramanga (Santander), empresa dedicada a la ejecución de proyectos de consultoría en el diseño estructural.

Este trabajo recopila aspectos principales que presenta el reglamento NSR-10 en el análisis y diseño de edificaciones aplicado en el desarrollo de 4 proyectos, los cuales, en 2 de ellos se hace el diseño de la cimentación, 1 el análisis sísmico y diseños estructural y 1 la evaluación de la cantidad de obra estructural. El análisis y diseño se realiza con los requisitos de los Títulos A, B y C del Reglamento NSR-10 así mismo se realiza la elaboración de los planos estructurales para la construcción.

El análisis y diseños sismo resistente se hace a través de los softwares ETABS y AutoCAD respectivamente y la cantidad de obra estructural se presenta un resumen a través de Excel, por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones relacionadas con este trabajo y con la experiencia obtenida a través de la práctica empresarial.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Luis Eduardo Zapata Orduz. Doctorado en Estructuras.

Abstract

Title: Structural Plans, Requirements, Structural Design, Irregularities, ETABS, Quantity of structural work.*

Author: Cristian Miguel Sotelo Ramos.**

Key Words: Structural Plans, Requirements, Structural Design, Irregularities, ETABS, Quantity of structural work.

Description: This document presents the details of projects that were created in the professional field of structural engineering through business practices, for which a methodology and process is followed in order to bring order both in the incorporation with the company and in the analysis and design of buildings as auxiliary, applies the Colombian Regulation of Earthquake Resistant Construction NSR-10, as the regulating body of the minimum requirements for design and construction of Colombian buildings.

The business practices were carried out in the company Dalmo S.A.S., located in Colombia in the city of Bucaramanga (Santander), a company dedicated to the execution of consulting projects in structural design.

This work compiles the main aspects presented by the NSR-10 regulation in the analysis and design of buildings applied in the development of 4 projects, which, in 2 of them are made the design of the foundation, 1 the seismic analysis and structural designs and 1 the evaluation of the amount of structural work. The analysis and design is carried out with the requirements of Titles A, B and C of the NSR-10 Regulations, as well as the elaboration of the structural plans for the construction.

The analysis and seismic resistant designs are made through ETABS and AutoCAD software respectively and the quantity of structural work is presented in an Excel summary. Finally, the conclusions and recommendations related to this work and the experience obtained through the business practice are presented.

* Degree Work

** Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Luis Eduardo Zapata Orduz. Doctorate in Structures.

Introducción

La mayoría de los países han adaptado un código de diseño sísmo resistente en donde se presentan los requerimientos para el diseño y construcción de las edificaciones, Colombia es un país en donde el 87% por ciento de la población colombiana habita en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10 (AIS, 2010). Por tal razón toda edificación se debe analizar, diseñar y construir cumpliendo los requisitos mínimos exigidos por la ley descritos en el Reglamento NSR-10, considerando su capacidad de resistencia, forma y función ante la presencia de cargas producidas por la naturaleza como los sismos, vientos, nieve o agua.

Es por esto que el desarrollo de este trabajo está enfocado en la realización de actividades propias de la ingeniería estructural en edificaciones, con el objetivo de que estas presenten respuestas favorables ante la ocurrencia de sismos fuerte ya que Colombia se ve obligada a la implementación del Reglamento de construcción después del evento ocurrido en Popayán el 31 de marzo de 1983 (Sismo de 5.5 en escala Richter), donde los sismos son los principales factores de víctimas humanas (ley 400 de Colombia, 1997). La finalidad del Reglamento es salvaguardar vidas evitando que las estructuras colapsen sin previo aviso.

De tal manera el contenido que se describe en este documento es generado a través de las prácticas empresariales y en las cuales se recurre a diferentes métodos para el análisis y diseño, donde se emplea el conocimiento que se adquirió a través del estudio universitario, el estudio de los requisitos descrito por el Reglamento NSR-10 y el acompañamiento y respaldo del tutor de la empresa quien a través de su experiencia hace el debido seguimiento y control para el

cumplimiento de los diseños, cabe resaltar que para el análisis sísmico y modelamiento de edificaciones, el Reglamento NSR-10 reconoce varios métodos descritos en el capítulo A.3.4 del Reglamento los cuales pueden ser estáticos y dinámicos, en donde el análisis estático tiene ciertas consideraciones a tener en cuenta mientras que para los análisis dinámicos no se presentan requisitos limitantes en cuanto a las irregularidades o condiciones de amenaza sísmica.

Para el análisis de las edificaciones colombianas suelen ser dos métodos los más usados; el Método de la Fuerza Horizontal Equivalente descrito en el Capítulo A.4 en donde el método se limita en dar la respuesta de la estructura según el primer método de vibración, considerando la masa efectiva del primer modo a la masa total de la estructura (García, 1998). El Método Dinámico Modal Espectral descrito en el Capítulo A.5 en donde estima la respuesta máxima de un sistema estructural usando un espectro de diseño y un periodo modal (Cardona, 2017).

El propósito de este informe es realizar el análisis y diseño como auxiliar de ingeniería estructural, en donde se plantea una metodología breve de los requisitos que se tuvieron en cuenta para el comportamiento estructural según el Reglamento NSR-10, para la ejecución de proyectos en el trabajo como profesional desde la experiencia de las prácticas empresariales. Los proyectos parten en cuyas variables iniciales se encuentran indefinidas, esto es algo a lo que los estudiantes no se ven enfrentados en la formación académica, puesto que generalmente se solventan problemas bien definidos (Ridell y Hidalgo, 2010). También se realiza la interpretación y ejecución de planos estructurales los cuales han sido previamente analizados por un ingeniero de la empresa, con el fin de ser interpretados en obra y así llevar un debido proceso en la construcción, se realizará tanto el análisis y diseño como la ejecución de planos estructurales como auxiliar de diseño y finalmente se efectúa el cálculo de la cantidad de obra estructural.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Apoyar en el diseño y cálculo de sistemas estructurales, planos estructurales y cantidad de obra estructural en edificaciones designadas por la empresa Dalmo S.A.S

1.2 Objetivos Específicos

- Apoyar en el proceso de estructuración, análisis y dimensionamiento en el diseño de edificaciones en concreto estructural durante la practica en la empresa Dalmo S.A.S., con el fin de llevar a cabo su construcción.
- Ejecutar e interpretar el detallado de planos estructurales, para el desarrollo de la construcción en campo.
- Elaborar y estimar la cantidad de obra estructural en el refuerzo de edificaciones en concreto, para la posterior compra del material usar.

2. Marco Referencial

En el presente capítulo se describe la base teórica del análisis estructural para el diseño de edificaciones y la aplicación de las diferentes condiciones sísmicas para el modelamiento de una estructura. Consecutivamente se seguirá los requisitos generales mínimos a tener en cuenta para el diseño sísmico residente descritas en el Título A del Reglamento NSR-10.

2.1 Análisis Estructural

La función principal es estimar las fuerzas internas y deformaciones del sistema estructural estableciendo los requisitos de resistencia y rigidez adecuada para limitar la deformabilidad ante las cargas de servicio (AIS,2010). Con el objetivo de que no se vea afectado su funcionamiento y estabilidad de acuerdo con el nivel de amenaza sísmica y con los principios de fundamentales de equilibrio y compatibilidad.

2.2 Amenaza sísmica

Se define como la predisposición intrínseca a sufrir daños ante el movimiento fuerte del terreno o también conocido como movimiento sísmico, asociado con el daño sísmico donde se puede producir una potencial pérdida durante un lapso de tiempo conocido como periodo de exposición (Bonett, 2003). En el país se ha venido haciendo el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia por el comité AIS-300, el más reciente estudio del país, he incluso en el cual se ha hecho la microzonificación de algunas ciudades colombianas, sin embargo, en este documento se trabajará con el estudio de amenaza sísmica de 1996 incluido en el actual Reglamento NSR-10, la zona de amenaza sísmica se define según el lugar donde se pretenda llevar a cabo la construcción como lo indica la Figura A.2.3-1 del Reglamento NSR-10.

Se definen tres zonas de amenaza sísmica evaluadas en el actual Reglamento NSR-10, descritas en el Capítulo A.2, definidas de la siguiente manera:

- Zona de amenaza sísmica baja: conjunto de lugares donde la aceleración y velocidad pico efectivas no exceden 0.10 (AIS, 2010). “Aproximadamente el 55% del territorio colombiano se encuentra incluido en esta zona de amenaza” (Garzón, 2011).
- Zona de amenaza sísmica intermedia: conjunto de lugares donde la aceleración y velocidad pico efectivas son mayores a 0.10 y no exceden 0.20 (AIS, 2010). “Aproximadamente el 22% del territorio colombiano se encuentra incluido en esta zona de amenaza” (Garzón, 2011).
- Zona de amenaza sísmica alta: conjunto de lugares donde la aceleración y velocidad pico efectivas son mayores a 0.20 (AIS, 2010). “Aproximadamente el 23% del territorio colombiano se encuentra incluido en esta zona de amenaza” (Garzón, 2011).

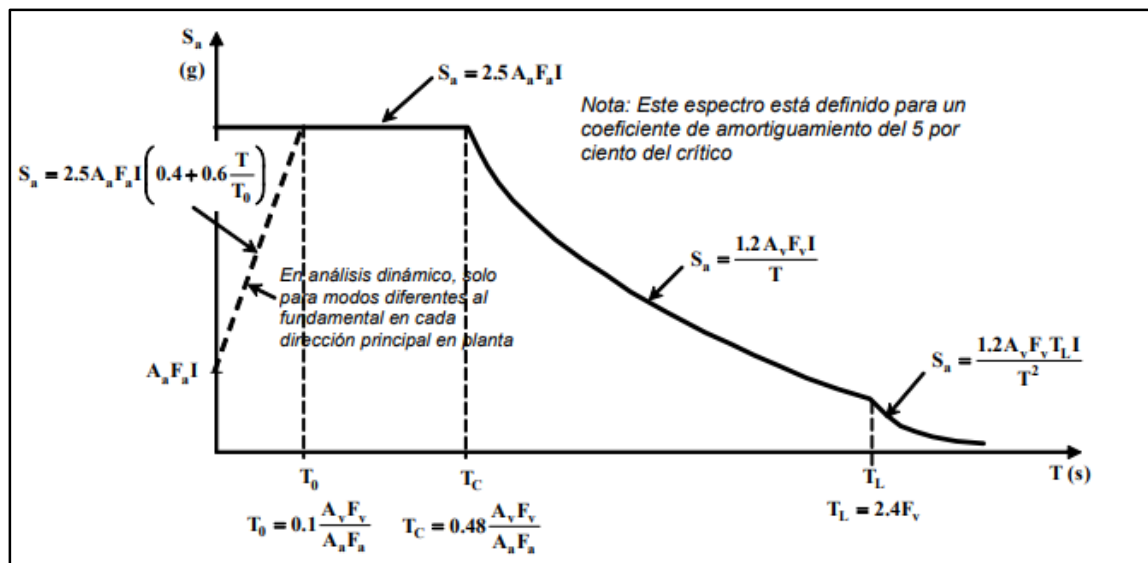
El diseño de los elementos estructurales y no estructurales se definen por la aceleración pico efectiva, que caracteriza los periodos de vibraciones cortas y la velocidad pico efectiva, que caracteriza los periodos de vibraciones intermedias, además se hace la evaluación de los efectos locales determinados por el perfil del suelo, Tabla A.2.4-1 del Reglamento NSR-10, a través de los coeficientes de amplificación F_a y F_v que afecta a la aceleración en la zona de periodos cortos e intermedios, expresados en las Tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 respectivamente del Reglamento NSR-10, además del factor de importancia descrito en la Tabla A.2.5-1, el cual refiere el grupo de uso de la infraestructura a la cual se le realiza el estudio descrito en el Artículo A.2.5 del Reglamento.

2.3 Espectro de Diseño

Para el análisis sísmico de la estructura se define el espectro elástico de aceleraciones de diseño, definido con las condiciones de amenaza sísmica, ver Figura 1, el cual se encuentra descrito en el Capítulo A.2 del Reglamento. Los espectros elásticos que se describen en este capítulo se encuentran en términos de la aceleración, velocidad o desplazamiento para un coeficiente del 5% de amortiguamiento crítico, el espectro mostrado en la Figura 1 corresponde al espectro de aceleración.

Figura 1

Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de la gravedad



Nota. Adaptado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (AIS, 2010).

Sa: Máxima aceleración horizontal de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad, para un sistema de un grado de libertad con un periodo T.

Aa: Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño.

Av: Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño.

F_a: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos, debido a los efectos de sitio, adimensional.

F_v: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios, debido a los efectos de sitio, adimensional.

I: Coeficiente de importancia.

T: Periodo de vibración del sistema elástico, en segundos.

T₀: Periodo de vibración al cual inicia la zona de aceleraciones constantes del espectro de aceleraciones, en segundos.

T_c: Periodo de vibración correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para periodos cortos, y la parte descendiente del mismo, en segundos.

T_L: Periodo de vibración correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante del espectro de diseño, para periodos largos, en segundos.

2.4 Sistemas Estructurales

En el Artículo A.3.2 del Reglamento NSR-10 se describen los sistemas estructurales por la cual puede estar compuesta una estructura, cada estructura debe pertenecer a un sistema estructural, ya que esta presentara una resistencia a la solicitud tanto de cargas horizontales como verticales, son los encargados de transferir las cargas al suelo y hacer una disipación apropiada de los movimientos sísmicos, es la habilidad de deformarse más allá del límite elástico con aceptable reducción de la rigidez y resistencia (Marte, 2014,p,15).

2.5 Cargas

Se debe tener en cuenta las cargas a la cual estará sometida la estructura, con el fin de realizar un diseño adecuado y acorde con las solicitudes, la edificación no solo estará expuesta a

las cargas que imponen los sismos sino también a las cargas por las cuales se ha decidido llevar a cabo su construcción las cuales pueden ser bodegas, oficinas, residencias, gimnasios, etc. Es por tal motivo que también la estructura debe ser capaz de resistir además de los efectos sísmicos, los efectos de las cargas solicitadas teniendo en cuenta las cargas presentadas en el Título B (NSR-10, 2010)., Del Reglamento NSR-10.

2.6 Configuración Estructural de la Edificación

La estructura debe ser sólida, simétrica, uniforme, continua o bien conectada, una estructura desordenada causa un mal comportamiento al ser excitada por los sismos y facilita la concentración de fuerzas nocivas, torsionales y deformaciones que pueden causar grandes años e incluso el colapso de la edificación (ASI, 2001, p,1-5). Al no tener en cuenta esta configuración estructural hace que se presenten puntos de la estructura en donde las concentraciones de las fuerzas sean mayores, es por esto que toda edificación debe ser clasificada como regular o irregular, definido por las irregularidades que se puedan presentar tanto en planta como en altura y o por ausencia de redundancia.

Se entiende por configuración estructural de la edificación, no solamente la forma exterior y su tamaño, sino la naturaleza, las dimensiones y la localización de los elementos estructurales y no estructurales, que afecten el comportamiento de la edificación ante las solicitudes sísmicas (NSR-10, 2010).

2.6.1 Configuración en Planta

Se considera irregular cuando se presenta una buena resistencia solo en una dirección, esto quiere decir que la presentarse una fuerza en la dirección débil se puede presentar torsión, la cual actúa actuara con diferentes fuerzas internas en los elementos provocando daños estructurales, esto hace que el comportamiento sísmico de la edificación sea difícil de cuantificar si la configuración

en planta de los elementos es asimétrica y no uniforme (Medina, 2005). Una estructura se considera irregular en planta cuando se presenten los casos mostrados en la Figura A.3-1 y descritos en la Tabla A.3-6 del Reglamento NSR-10.

2.6.2 Configuración en Altura

Se presenta irregularidades cuando se tiene pisos flexibles, diferente distribución de masa en los pisos, reducciones bruscas en los pisos superiores, desplazamiento del plano de acción u pisos débiles, esto provoca que en los piso superiores se incremente el periodo de vibración lo cual pone en una situación crítica a la edificación ya que puede sufrir daños e incluso el colapso, el cambio de altura implica un cambio en el periodo de la estructura lo que incide en la magnitud de las fuerzas y la respuesta de la demanda sísmica (Medina, 2005). Una estructura se considera irregular en altura si se presentan los casos descritos en la Tabla A.3-7 u mostrados en la Figura A.3-2 del Reglamento NSR-10.

2.7 Método de análisis

2.7.1 Método Dinámico

Mientras un problema estático tiene una única solución independiente del tiempo, la solución de un problema dinámico requiere la descripción de todo el sistema en todos los instantes dentro de del periodo en estudio, lo cual conlleva a grandes esfuerzos analíticos y numéricos, a su vez, implica el uso de una herramienta computacional (Mora et al., 2006). Se trabajan dos métodos dinámicos descritos en el Reglamento NSR-10, en donde se encuentra el método dinámico modal espectral y el método cronológico.

Es importante mencionar que el método que se describe en este trabajo es el método dinámico modal espectral, metodología de análisis descrita en el Artículo A.5.4 del Reglamento NSR-10, también es importante resaltar que el uso de este método requiere de un ajuste de

resultados por fuerza horizontal equivalente como lo indica el Artículo A.5.4.5 del Reglamento NSR-10.

2.7.2 Método de la Fuerza Horizontal Equivalente

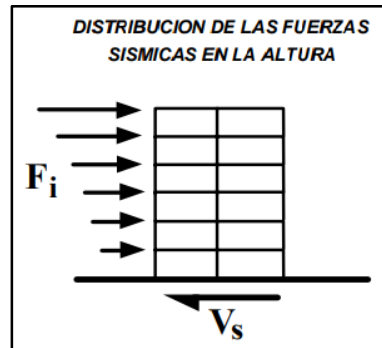
Este método puede ser aplicado en algunas edificaciones, tal como se describe en el Artículo A.3.4.2.1 del Reglamento NSR-10, y además también es usado para la realización de ajuste cuando se emplean otros métodos en el cálculo de fuerzas sísmicas (Mario, 2013, p, 216). Este es un método aproximado que consiste en representar las fuerzas sísmicas de diseño mediante cargas laterales estáticas, reducido el problema dinámico a un estático (Maldonado et al., 2004), en la Figura 2 se representa como hace la distribución de las fuerzas horizontales por piso y el cortante sísmico en la base, además Maldonado y Chío (2004) afirman que es importante resaltar que este método lleva implícito ciertas aproximaciones las cuales:

- Limita la respuesta sísmica al primero modo de vibración.
- Iguala la masa efectiva del primer modo (modo fundamental) a la masa total de la estructura para compensar la ausencia de los otros modos.

El periodo de vibración fundamental aproximado con el cual se determina el valor de la aceleración espectral (en fracción de la gravedad) se calcula como lo describe el Artículo A.4.2.2 del Reglamento NSR-10.

Figura 2

Ilustración gráfica de la distribución de las fuerzas del Método de Fuerza Horizontal Equivalente.



Nota: Adaptado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (AIS, 2010).

Donde:

F_i : Es la sumatoria de las componentes del vector de fuerzas equivalentes del modo i .

V_s : Es el cortante sísmico en la base

2.8 Derivas

Es el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos colocados en la misma línea vertical, en dos pisos o niveles consecutivos de la edificación (NSR-10, 2010). Se debe hacer un debido control de las derivas ya que predice el movimiento de la estructura y a través del desplazamiento entre dos puntos de análisis que permite predecir el nivel de daño en los elementos estructurales, “el estudio de la respuesta de los diferentes elementos de una estructura (elementos estructurales y no estructurales) expuestos a la acción sísmica, ha permitido establecer las principales variables o parámetros que condicionan el daño. De esta forma se ha identificado que los componentes estructurales son sensibles a la deriva entre piso” (Bonett, 2003, p, 20-21).

Las edificaciones construidas con el presente Reglamento NSR-10 y siguiendo sus requisitos indica que una estructura “deben ser capaz de resistir, además de las fuerzas que le pone

su uso, temblores de poca intensidad sin daño, temblores moderados sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño en elementos no estructurales y un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales, pero sin colapso”.

3. Generalidades

3.1 Modalidad de Trabajo

El presente trabajo se desarrolló bajo la modalidad de prácticas empresariales, en donde se abordan temas específicos de la ingeniería estructural de edificaciones, requisito para obtener el título de Ingeniero Civil.

3.2 Empresa

DALMO S.A.S., Figura 3, es una organización dedicada a la ejecución de proyectos de consultoría en diseño construcción de cimentaciones y estructuras de concreto y acero, atiende las necesidades en estructural e infraestructura de la industria petroquímica y al sector de la construcción en las áreas residenciales, industrial, comercial e institucional. Ubicada en la carrera 32D #17-89 en el Barrio San Alonso en Bucaramanga. Con el respaldo y experiencia de Dalton Moreno Girardot, ingeniero civil y Máster en Estructuras.

Figura 3

Logo DALMO S.A.S.



Nota: Adaptado de DALMO S.A.S. <https://www.dalmoingenieria.com/>

3.2.1 Misión de la Empresa

DALMO S.A.S. es una empresa dedicada a la Consultoría en Diseño Estructural y Construcción de cimentaciones y estructuras para el sector comercial, industrial, institucional y residencial del oriente colombiano. Contando con un equipo humano profesional, líder y comprometido con el crecimiento de la empresa y una capacidad organizativa que permite garantizar el cumplimiento y la calidad de los servicios, enmarcando las actividades dentro de parámetros de conciencia social y ambiental.

3.2.2 Visión de la Empresa

DALMO S.A.S. se proyecta en el 2023 alcanzar un nivel de gestión administrativa, organizativa y productiva que le permita atender mayores volúmenes de oferta teniendo presencia en el mercado objetivo a nivel nacional, con sede en la ciudad de Bucaramanga, siendo reconocida por la excelente calidad de sus servicios, aportando gran rentabilidad a sus clientes y socios y estabilidad laboral y crecimiento profesional a sus empleados.

4. Metodología

4.1 Revisión y estudio de los reglamentos y manuales colombianos

Par el cumplimiento y desarrollo de los proyectos aquí presentados se revisaron los requerimientos mínimos de diseño especificados en el Reglamento NSR-10, se profundizo en los Títulos indicados en la Tabla 1, ya que son los que se tuvieron en cuenta durante toda la práctica y para la solución de cada proyecto realizado, se inicia con temas correspondientes para la ejecución de los planos estructurales, en el detallado de los elementos estructurales se abordan temas como los recubrimientos, longitudes de anclaje, longitudes de empalme, longitud de los refuerzos adicionales, separación de los estribos para los elementos estructurales.

Es importante aclarar que se inicia con el estudio y detallado de planos estructurales para recordar e incorporar ideas e información que maneja la empresa, en la entrega de los planos como en el desarrollo de los diseños, seguidamente de estudiaron los requisitos para el diseño y modelado sismo resistente en el cual se profundizaron temas como el análisis de la amenaza sísmica, solicitud de cargas, derivas, irregularidades, método de análisis dinámico y de fuerza horizontal equivalente, finalizando con la obtención de la cantidad de obra estructural, en la cual la empresa hace entrega de un formato Excel para la especificación del figurado del refuerzo.

Tabla 1

Títulos estudiados en el Reglamento NSR-10, para el análisis y diseño sismo resistente

Título	Descripción
Título A	Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente
Título B	Cargas
Título C	Concreto Estructural

4.1.1 Requisitos para el detallado de planos estructurales

A continuación, se exponen temas relacionados con la ejecución de planos estructurales ya que son la representación gráfica para su posterior interpretación en obra, permiten una planeación para las etapas y guía en el proceso constructivo, además de indicar en detalle cómo se encuentra compuesto cada elemento estructural.

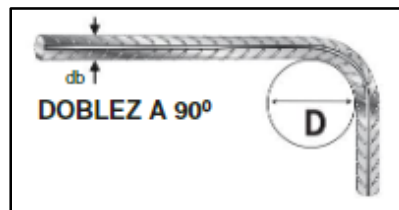
En esta etapa el análisis y modelamiento de las edificaciones las llevo a cabo el ingeniero a cargo de esta especialidad, quien proporcione los datos para el detallado y despiece de los elementos, es así como se realiza y verifica el cumplimiento con el Reglamento NSR-10 para la información proporcionada por la empresa para la ejecución de los planos estructurales, la cual tiene algunos métodos de cálculo para el detallado y despiece del refuerzo en la ejecución de planos estructurales, en la Tabla 3 se hace la comparación de la longitud del gancho en el anclaje de las barras entre el Reglamento NSR-10 y la información proporcionada por DALMO S.A.S.

El uso de barras de refuerzo más comunes y comerciales en Colombia son hasta de 1 pulgada, cuando se requieren de mayor diámetro estas se deben hacerse sobre pedido, por lo cual es recomendable hacer la distribución de barras dentro de este rango, la comparativa que se muestra en la Tabla 3 hace referencia hasta la barra No 8 (1" pulgada). A continuación se muestra el cálculo de la longitud de anclaje, para el cálculo por el Reglamento NSR-10 se tiene en cuenta la Tabla 2 que muestra los diámetros mínimos de doblado tomados en la Tabla C.7.2 del Reglamento NSR-10, el cual hace referencia a Figura 4, de esta manera se puede inferir que el radio será la mitad el diámetro doblado y la Figura 5 muestra la longitud del gancho libre después del doblado tomada de la Figura CR12.5 del Reglamento NSR-10.

Tabla 2*Diámetros mínimos de doblado*

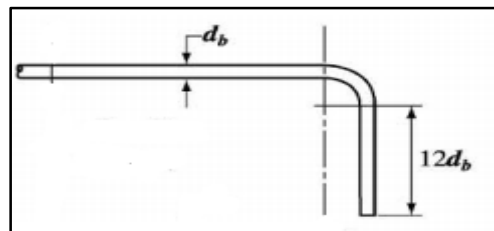
Diámetro de las barras	Diámetro mínimo de doblado
No. 3 (3/8") o 10M (10 mm) a No. 8 (1") o 25M (25 mm)	6db
No. 9 (1-1/8") o 30M (30 mm) a No. 11 (1-3/8") o 36M (36 mm)	8db
No. 14 (1-3/4") o 45M (45 mm) a No. 18 (2-1/4") o 55M (55 mm)	10db

Nota. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Figura 4*Diámetro de doblado*

Nota: Adaptado del manual de construcción para maestros de obra – Aceros Arequipa.

https://issuu.com/acerosarequipa/docs/manual_maestro_de_obra/36

Figura 5*Detalles de la barra para desarrollar el gacho estándar*

Nota: Adaptado del Reglamento NSR-10.

La longitud que se calcula finalmente para el gancho de anclaje es desde el borde de la varilla libre d anclado hasta el eje neutro de la varilla antes del doblado, tal como lo indica la Figura 6, por lo tanto, para obtener la distancia del gancho se tiene como lo indica la Ecuación 1.

Ecuación 1. Longitud de gancho para barras longitudinales de acuerdo con el Reglamento NSR-10

$$\text{Longitud del gancho} = 3db + 0.5db + 12db = 15.5db \quad (1)$$

Donde:

db: Diámetro de la barra longitudinal

Ejemplo, suponiendo que la barra longitudinal es una barra No. 7, la cual tiene un diámetro de 2.22cm, entonces la longitud del gancho mínima será de 34.41 cm. La información suministrada por la empresa dice que para el cálculo de la longitud del gancho para la misma barra No. 7, se obtiene de acuerdo con la Ecuación 2, con la que se obtiene una longitud de gancho de 35 cm.

Ecuación 2. Longitud de gancho para barras longitudinales de acuerdo con DALMO S.A.S.

$$\text{Longitud del gancho} = 5 * (\text{No. Barra}) \quad (2)$$

Figura 6

Longitud de gancho para barras

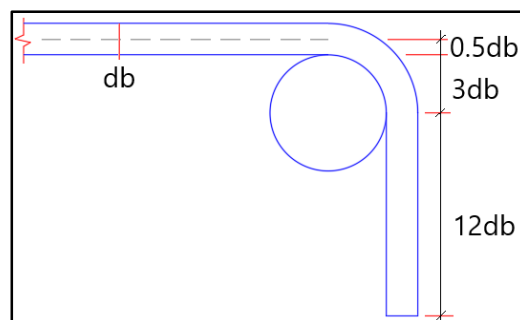


Tabla 3

Comparativa para la longitud del gancho para el anclaje de barras longitudinales

Designación de la barra (Ver nota)	Diámetro de la barra (cm)	Reglamento NSR-10 (cm)	DALMO S.A.S. (cm)
No. 2	0.64	9.92	10
No. 3	0.95	14.73	15
No. 4	1.27	19.69	20
No. 5	1.59	24.65	25
No. 6	1.91	29.61	30
No. 7	2.22	34.41	35
No. 8	2.54	39.37	40

Nota. El No. de barra indica el número de octavos de pulgada del diámetro de referencia. Información

En la Tabla 5 se lleva a cabo la comparación para la longitud de empalme entre barras longitudinales, el cálculo que se lleva en el Reglamento se encuentra dado en el Artículo C.12.15, el cual define dos clases de empalme, la clase A calculada por $1.0 ld$ y la clase B calculada por $1.3 ld$, para el uso correcto de la clase A se debe tener en cuenta que se cumpla lo siguiente:

- El acero de refuerzo proporcionado es al menos el doble del requerido por análisis a lo largo del empalme por traslape.
- La mitad o menos del refuerzo total está empalmado dentro de la longitud de empalme por traslape requerido.

El cálculo de ld (*longitud de desarrollo*) se lleva a cabo por el Artículo C.12.2 del Reglamento NSR-10, para dicho cálculo se tiene en cuenta la resistencia que presenta el concreto y la resistencia del acero, Dalmo S.A.S., usa $44db$ para el cálculo de empalme para las barras menores a la No. 6 y $54db$ para las barras No.7 y No.8 para la clase A, la clase B por Dalmo S.A.S. es calculada como $1.3(\text{clase A})$ ver Tabla 4, donde db es el diámetro de la barra longitudinal

usada, la Tabla 5 indica la comparación de la longitud del empalme para la resistencia del concreto de 21 Mpa y una resistencia a la fluencia del acero de 420 Mpa, la cual cumple con los requisitos exigidos por el Reglamento, en el caso donde la resistencia del concreto aumente esta longitud de empalme disminuirá al usar como lo exige el Reglamento NSR-10, sin embargo Dalmo S.A.S. mantiene las longitudes del empalme especificadas en la Tabla 5 para las dos clases.

Tabla 4

Longitud de empalme para barras longitudinales por Dalmo S.A.S.

Longitud de empalme		
No. Barra	Clase A	Clase B
No. 2 a No. 6	44db	1.3(Clase A)
No. 7 y No.8	54db	1.3(Clase A)

Nota. Información obtenida por la empresa Dalmo S.A.S.

Tabla 5

Comparativa para la longitud de empalme para barras longitudinales

N°	db (cm)	Clase A		Clase B	
		NSR-10	DALMO	NSR-10	DALMO
2	0.64	27.93	28	36.31	36
3	0.95	41.46	42	53.90	55
4	1.27	55.43	56	72.06	73
5	1.59	69.39	70	90.21	91
6	1.91	83.36	84	108.37	109
7	2.22	119.69	120	155.59	156
8	2.54	136.94	137	178.02	178

Nota. Información obtenida por el Reglamento NSR-10 y por la empresa Dalmo S.A.S.

Comentario: Cuando se empalmen barras por traslapo de diferente diámetro en tracción, la longitud de empalme será la de mayor longitud de desarrollo entre las dos barras a empalmar

(AIS, 2010, p.C245-C246). En el caso de empalmar en la misma zona tanto el refuerzo superior como inferior entonces se deberá usar empalme por clase B.

Para el detallado de los recubrimientos de los distintos elementos que componen la estructura se tiene en cuenta el Artículo C.7.7 del Reglamento NSR-10, se hace necesario para la protección de la corrosión del acero evitando que este tenga una degradación más rápida la cual traerá como consecuencia que se vea afectada la durabilidad de la estructura, he incluso se debe tener cuidado con poner recubrimientos excesivos ya que cuando un determinado elemento se encuentre trabajando en tracción, puede presentarse fisuración del hormigón debido a que la armadura o refuerzo no ha entrado en tensión.

Para el diseño de vigas se hace revisión del Artículo C.21.5 del Reglamento NSR-10 para el refuerzo transversal (refuerzo al cortante), quien nos proporciona las zonas de confinamiento y la separación máxima para los estribos dispuestos en esta zona, además del refuerzo transversal en los traslpos y para el refuerzo mínimo longitudinal se hace estudio del Artículo C.21.5 y el Capítulo C.10 del Reglamento NSR-10.

Para el refuerzo adicional tanto de vigas como de losas se realiza un estudio como lo indica la Figura C.13.3.8 del Reglamento NSR-10, donde dispone las longitudes, mínimas para el desarrollo del refuerzo adicional.

La realización y análisis de los modelos se lleva a cabo por medio del software ETABS, (Versión 17.0.1), software usado por la empresa para analizar el comportamiento de las estructuras, para el correcto uso del software ETABS se revisaron los manuales que el programa ofrece en donde se da a conocer las herramientas y las funciones que este ofrece, paralelamente se hizo revisión de videos, para un conocimiento más amplio en el manejo del software y el apoyo y revisión del tutor de la empresa quien verifica el correcto uso en el desarrollo de los modelos.

4.2 Interpretación, corrección y realización de planos estructurales

Las actividades realizadas en esta etapa se llevan a cabo a través del software AutoCAD, son el resultado de los diseños realizados por parte del ingeniero encargado del análisis sísmico resistente. Después de hacer dicho análisis, hace entrega de las especificaciones de los elementos analizados con sus respectivas cantidades de área de refuerzo requerido para cada elemento, en donde se procede hacer el detallado teniendo en cuenta las exigencias mínimas especificadas en el reglamento NSR-10, como la cantidad requerida por diseño, he incluso en esta etapa se hace una comparación con los planos arquitectónico con el objetivo de evidenciar inconsistencias y hacer las correcciones pertinentes en el caso que se requiera, en Tabla 6 se presenta el procedimiento para la ejecución de los planos estructurales

Tabla 6

Proceso para el detallado y ejecución de planos estructurales

descripción	Análisis
Revisión de Planos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interpretación y comparación entre planos estructurales con los arquitectónicos ➤ Detalle del posicionamiento y tipo de los elementos estructurales que se presentan en el diseño. ➤ Revisión de las áreas de refuerzo requeridas en cada elemento estructural. ➤ Trazado de los elementos estructurales, (verificación y revisión por parte del tutor). ➤ Calculo del acero mínimo para cada elemento estructural.
Detallado para el refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Selección y distribución del acero del refuerzo mínimo en la sección de los elementos estructurales (Vigas o columnas). ➤ Características para el número de las varillas seleccionada, como: <ul style="list-style-type: none"> • Longitud del gancho. • Longitud de traslapos. • Longitud del refuerzo adicional si se requiere. ➤ Separación del refuerzo a cortante (estribos).

- Características del recubrimiento en los elementos estructurales.

Refuerzo adicional en los elementos que sea requerido

4.2.1 Revisión de Planos

En la revisión y detallado se corrobora el posicionamiento de los elementos y sus respectivas distancias para identificar posibles fallas en el modelado y así generar la correcta elaboración de los planos estructurales, además de contextualizar los elementos que componen la estructura y tener en cuenta el refuerzo requerido por diseño para estos mismos.

4.2.2 Detallado para el refuerzo

El acero mínimo para una viga se calcula de acuerdo con la Ecuación 3, calculo requerido por el Reglamento NSR-10.

Ecuación 3. *Área mínima del refuerzo longitudinal en flexión*

$$A_s = \rho * b_w * d \quad (3)$$

Donde:

A_s: Área de refuerzo longitudinal de flexión.

ρ: Cuantía del refuerzo A_s, evaluada sobre el área $b_w * d$

b_w: Ancho de la cara en compresión del elemento.

d: Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

Comentario: las secciones se denominan controladas por compresión si la deformación unitaria neta de tracción en el acero extremo en tracción, es igual o menor que el límite de deformación unitaria controlada por compresión cuando el concreto en compresión alcanza su límite de deformación supuesto de 0.0033 (AIS, 2010, p. C143), por lo tanto, el área mínima del

refuerzo longitudinal se obtendrá cuando se presente la cuantía mínima de 0.0033 de acuerdo con la Ecuación 4 (Ardila, 2016), en Colombia actualmente se usa una resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (F_y) de 420 MPa.

Ecuación 4. Cuantía mínima del refuerzo

$$\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{f_c}}{F_y} \geq \frac{1.4}{F_y} \quad (4)$$

Donde:

$$F_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{min} = 0.00333$$

Una vez seleccionada la barra, se hace el cálculo de la cantidad de barras requeridas, Ecuación 5, además se debe tener en cuenta la separación, por lo tanto, es importante escoger un número de barra apropiado para que este cumpla con el espaciamiento requerido entre barras.

Ecuación 5. Número de barras para cumplir con el área de acero mínima requerida por el Reglamento NSR-10

$$\# \text{ de barras} = \frac{A_{s,min}}{A_{s,barra}} \quad (5)$$

En el caso que no se tenga el espaciamiento suficiente o la separación entre barras no cumpla, estas se deben colocar en dos o más números de filas con el fin de cumplir con el espaciamiento y con la cantidad de acero de refuerzo requerido. Si la cantidad de barras por sección es muy alta entonces es recomendable cambiar el número de la barra a usar con la cual se tendrá una menor cantidad de barras pero estas deben cumplir que el área de acero puesto sea mayor o igual al requerido con el fin de aumentar el espaciamiento entre barras y evitar poner demasiadas filas, se pueden poner barras de diferente diámetro dejando simetría en estas, para cuando se pongan más de dos filas, estas deberán estar separadas una distancia libre mínima de por lo menos el diámetro de la barra

usada, pero no menor a 25 mm y deberán colocarse exactamente sobre las barras de las capas inferiores (AIS, 2010, p.C95).

En el cálculo de la separación se debe tener en cuenta el recubrimientos, el estribo cerrado a usar y el número de barras que se pondrán en una fila, la separación de las barras está dada por la Ecuación 6.

Ecuación 6. Separación entre barras de refuerzo longitudinales

$$S_i = \frac{bw - 2 * (\text{recubrimiento}) - 2(\emptyset e) - \#barras(\emptyset b)}{\#barras - 1} \quad (6)$$

Donde:

S_i: Separación libre entre barras.

∅e: Diámetro del estribo cerrado.

∅b: Diámetro de las barras longitudinales.

Se debe tener en cuenta que la separación **S_i** debe cumplir con lo siguiente:

$$\frac{25 \text{ mm}}{db} \leq S_i \leq 150 \text{ mm}$$

Una vez seleccionadas las barras de refuerzo longitudinal se hace la distribución de las barras en la sección de la viga, y se procede hacer el cálculo de la longitud de gancho y longitud de empalme como lo indica la Tabla 3 y Tabla 4 por el método de Dalmo S.A.S.

4.3 Análisis y modelamiento de sistemas estructurales.

Para hacer un trabajo efectivo se revisó el procedimiento y los pasos a tener en cuenta para el diseño estructural de una edificación, descrito en el título A del reglamento NSR-10, en la Tabla A.1.3-1, *Procedimiento de diseño estructural para edificaciones nuevas y existentes*, con el fin de llevar un control en el modelado de las estructuras en ETABS se realizó una serie de pasos indicados en la Tabla 7.

Tabla 7*Procedimiento de datos para el modelado en ETABS*

4.3.1 <i>Revisión de planos arquitectónicos.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Observación y verificación del posicionamiento de los elementos estructurales
4.3.2 <i>Revisión del estudio de suelos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Revisión de los estratos que presenta el suelo con el objetivo de identificar la profundidad óptima de la cimentación ➤ Capacidad del suelo ➤ Tipo de suelo
4.3.3 <i>Datos de entrada para el análisis del proyecto.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ubicación del proyecto ➤ Aceleración horizontal pico efectiva ➤ Velocidad horizontal pico efectiva ➤ Coeficiente de amplificación de la aceleración en la zona de periodos cortos ➤ Coeficiente de amplificación de la aceleración en la zona de periodos intermedios ➤ Coeficiente de importancia según su grupo de uso
4.3.4 <i>Solicitudes de carga.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cargas Muertas <ul style="list-style-type: none"> • Peso Propio (CM) • Sobrecarga de uso (S) ➤ Cargas vivas (CV) ➤ Cargas de sismo ➤ Cargas de viento
4.3.5 <i>Modelamiento.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se procede hacer el modelo de acuerdo con la geometría de los planos arquitectónicos y los datos de entrada de los elementos que compondrán la estructura usando el método de Análisis Dinámico y con las sugerencias de Fuerza Horizontal Equivalente. ➤ Combinaciones de cargas mayorales. ➤ Tipo de sistema estructural ➤ Coeficientes de disipación de energía <ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente de disipación de energía básico • Irregularidad en altura • Irregularidad en planta • Factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia
4.3.6 <i>Análisis de resultados.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Peso de la estructura. ➤ Periodos fundamentales ➤ Cortante basal ➤ Chequeo de derivas

En la observación de planos se deberá tener en cuenta la geometría, longitudes, forma, altura tanto de pisos como de la edificación con el fin de tener un esquema global del proyecto y ser plasmado en el software de análisis sismo resistente ETABS, esto hará que se realice de una manera eficiente a la hora de generar el modelo de análisis.

A través del estudio de suelos es donde se obtiene información acerca de los diferentes perfiles que se pueden presentar en la zona donde se llevara la construcción, y su clasificación se hace de acuerdo con la Tabla A.2.4-1 del Título A del reglamento NSR-10, además debe calcularse el espectro de diseño de acuerdo con los requisitos del Capítulo A.2 del Reglamento, es determinado de acuerdo a la ubicación del proyecto, el Apéndice A-4 y las Tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 las cuales especifican los efectos locales que se pueden presentar según el tipo de suelo, estos efectos influyen en la amplificación o reducción del espectro de diseño al igual que el coeficiente de importancia de la edificación la cual está determinada con respecto al uso indicado en la Tabla A.2.5-1 del Reglamento NSR-10.

El análisis del Apéndice A-4, las tablas y el coeficiente de importancia genera la obtención de los parámetros **A_a**, **A_v**, **F_a**, **F_v**, **I**, Con los que se generara el espectro elástico de aceleraciones de diseño, y con el cálculo del periodo generado a través del modelo de la edificación se obtiene información de donde se encuentra la estructura en el espectro de diseño, lo cual permitirá hacer control del periodo de acuerdo con los requisitos que se requieren en el Artículo A.5.4.5 del Reglamento NSR-10 el cual hace un control por el método de la fuerza horizontal equivalente, la Figura 1 hace la representación gráfica del espectro de diseño.

La solicitud para cargas de cada proyecto se realiza de acuerdo con las disposiciones de *cargas muertas* propuestas en el capítulo B.3 y verificadas por la Tabla B.3.4.3-1, *valores mínimos*

para cargas muertas, Cargas Vivas en el capítulo B.4, especificadas en la Tabla B.4.2.1-1, cargas vivas mínimas según la ocupación de la estructura.

Para el modelamiento por medio del Análisis Dinámico se hace el ajuste de resultados por fuerza horizontal equivalente, que requiere dicho método como lo indica el artículo A.5.4.5, donde se indican los factores de modificación expuestos en la Ecuación 7 y Ecuación 8. En el que señala que el cortante total dinámico en cualquiera de las direcciones no puede ser menor al 80 por ciento para estructuras regulares y al 90 por ciento para estructuras irregulares.

Ecuaciones:

Ecuación 7. *Coficiente para el ajuste de resultados para estructuras regulares*

$$0.8 \frac{V_s}{V_{tj}} \quad (7)$$

Ecuación 8. *Coficiente para el ajuste de resultados para estructuras irregulares*

$$0.9 \frac{V_s}{V_{tj}} \quad (8)$$

Donde:

V_s: Cortante sísmico de diseño en la base

V_{tj}: Cortante sísmico en la base total en la dirección analizada

Para la obtención de irregularidades de la estructura se debe tener en cuenta el tipo de irregularidad que se presenta, ya que este puede ser en altura, en planta o las dos tal como se indica en la Tabla 8 y en la Tabla 9 respectivamente e incluso se puede presentar irregularidad por ausencia de redundancia, definido de acuerdo con las condiciones del artículo A.3.3.8.2, el coeficiente de disipación de energía básico se encuentra definido según el sistema estructural y según su capacidad de disipación de energía especificado en las Tablas A.3-1 a A.3-4 del Reglamento NSR-10, dado que toda estructura debe contar con un sistema de resistencia sísmica

y debe cumplir con los requisitos del material y el grados de disipación de energía en el rango inelástico.

Tabla 8

Irregularidad en altura

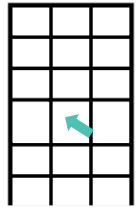
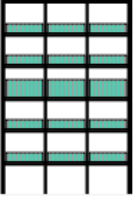
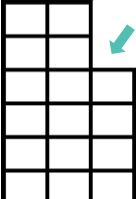
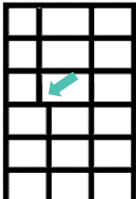
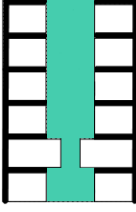
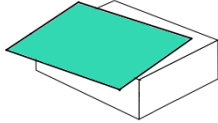
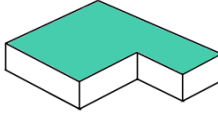
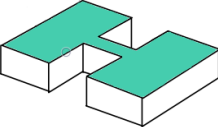
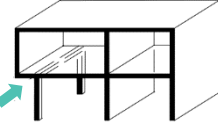
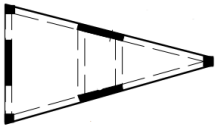
Irregularidad	Figura
<p>Piso Flexible</p> <p><i>Tipo 1aA (rigidez).</i> <i>Tipo 1bA (Rigidez extrema).</i></p>	
<p>Masa Variable</p> <p><i>Tipo 2A (Variación en la masa por piso).</i></p>	
<p>Retrocesos en altura</p> <p><i>Tipo 3A (Geométrica).</i></p>	
<p>Elementos Desplazados</p> <p><i>Tipo 4A (Desplazamientos dentro del plano de acción).</i></p>	
<p>Piso Débil</p> <p><i>Tipo 5aA (Variación de resistencia de un piso).</i> <i>Tipo 5bA (Variación extrema de resistencia de un piso).</i></p>	

Tabla 9*Irregularidad en planta*

Irregularidad	Figura
<p>Torsional</p> <p>Tipo 1aP (Torsión). Tipo 1bP (Torsión Extrema).</p>	
<p>Retrocesos en planta</p> <p>Tipo 2P (Retrocesos en las esquinas).</p>	
<p>Diafragma variable</p> <p>Tipo 3P (Discontinuidad en el diafragma).</p>	
<p>Desplazamiento del plano de acción</p> <p>Tipo 4P (Desplazamiento de pórticos).</p>	
<p>Sistemas no paralelos</p> <p>Tipo 1aA (Ejes no paralelos).</p>	

Teniendo en cuenta los coeficientes de disipación de energía por irregularidades y el coeficiente básico, se obtiene el coeficiente de disipación de energía de la estructura por medio de la Ecuación 9.

Ecuación 9. *Coeficiente de capacidad de disipación de energía*

$$R = \varnothing_a \cdot \varnothing_p \cdot \varnothing_r \cdot R_o \quad (9)$$

Donde:

R: Coeficiente de capacidad de disipación de energía

\emptyset_a : Irregularidad en altura

\emptyset_g : Irregularidad en planta

R_o : Coeficiente de disipación de energía básico

\emptyset_r : Factor de reducción de resistencia por ausencia de redundancia.

Este coeficiente permite diseñar las edificaciones con una carga sísmica menor a la que actuaría las edificaciones si la respuesta fuera totalmente elástica, de tal forma el Reglamento NSR-10 permite dividir la carga sísmica elástica por este factor, donde se obtiene una fuerza sísmica reducida de diseño, permitiendo diseñar estructuras más económicas.

Después del modelado en ETABS, se hace un análisis de resultados para la verificación de las derivas las cuales debe cumplir con el desplazamiento máximo expresado en la Tabla 10. Es primordial tener control en los tres primeros periodos ya que ellos indican cómo se está deformando la estructura y es esencial hacer lo posible para que los dos primeros periodos sean de desplazamiento en una sola dirección dejando así el tercero como desplazamiento torsional, además es importante hacer revisión acerca del porcentaje de participación de masa movida ya que este debe ser mayor al 90% en el análisis dinámico.

Tabla 10

Derivas máximas como porcentaje de la altura de piso

Estructuras de	Deriva máxima
Concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% ($\Delta_{\max}^i \leq 0.010 \text{ hpi}$)
De mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% ($\Delta_{\max}^i \leq 0.050 \text{ hpi}$)

Nota. Adaptado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

4.4 Cantidad de obra estructural

El desarrollo de este ítem se lleva a cabo a través de los softwares AutoCAD y Excel, en la cual se cuentan los detalles del refuerzo que componen cada elemento de la estructura, teniendo en cuenta las longitudes, la forma, y el tipo de figurado que se presenta, su ejecución es después del detallado de los planos estructurales, importantes para la planificación que se llevara en obra.

5. Proyectos realizados.

5.1 PROYECTO 1. Proyecto Florida la Sierra.

Este proyecto consistió en la realización de los planos estructurales de la cimentación para ser llevados en la construcción de la obra Florida la Sierra, el cual está compuesto por una torre con 2 niveles en la cimentación en la Figura 7 se muestra la torre en planta en el nivel 0.00m con el objetivo de contextualizar como se encuentra compuesta la torre Florida la Sierra, la Figura 8 y en la Figura 9, son la representación en planta donde se indican de cómo se encuentra el posicionamiento de los muros estructurales en los dos diferentes niveles de la cimentación, en la Tabla 11 se hace una descripción general de la información del proyecto.

Figura 7

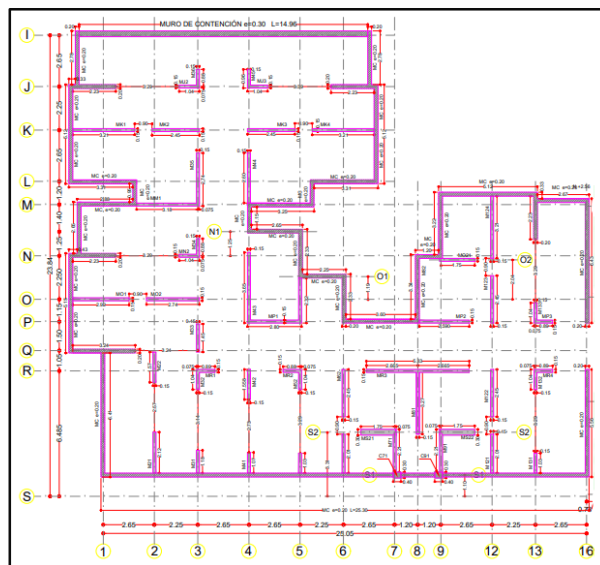
Descripción general en planta. Proyecto Florida la Sierra



Nota: Planos adaptados de la empresa Dalmo S.A.S.

Figura 8

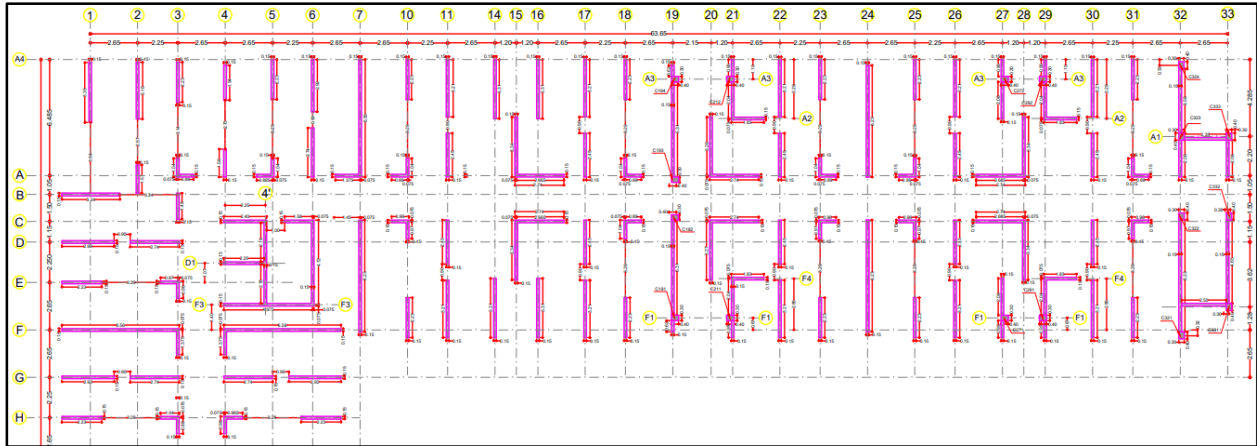
Posicionamiento de muros para la cimentación nivel -2.80 metros. Proyecto Florida la Sierra



Nota: Planos adaptados de la empresa Dalmo S.A.S.

Figura 9

Posicionamiento de muros para la cimentación nivel 0.00 metros. Proyecto Florida la Sierra



Nota: Planos adaptados de la empresa Dalmo S.A.S.

Tabla 11

Información general del proyecto Florida de la Sierra

INFORMACION GENERAL	
Nombre	Proyecto Florida de la Sierra
Ubicación	Florida Blanca, Santander
Dirección	Cra 3 # 1-76
Diseño Arquitectónico	Luis Ardila Cancino
Diseño Estructural	Dalmo S.A.S., Ing. Dalton Moreno G.

Se recibieron especificaciones por parte del ingeniero a cargo del análisis sismo resistente, planos con el posicionamiento de los muros estructurales para el diseño de la cimentación indicadas en la Figura 8 y Figura 9, con detalles para el diseño, el cual estará compuesto por dos losas, una en la parte inferior con espesor de 45 cm y otra en la parte superior con espesor de 12 cm, las cuales serán fundidas monolíticamente con vigas de cimentación de (50x150) y (70x150) cm. Se procedió a hacer el detallado de la cimentación siguiendo los pasos dispuestos en la Tabla

6. Para hacer el respectivo diseño del despiece y detallado para su construcción, el ingeniero hizo entrega de los siguientes archivos.

Un archivo DWG con un total de 11 planos, donde se especifican todos los detalles de los elementos estructurales para el detallado del refuerzo, con el contenido de este archivo se obtuvieron las siguientes observaciones:

- Se tuvieron 4 planos con la localización general del posicionamiento tanto de muros como columnas, parte clave para la distribución de las vigas de cimentación.
- El proyecto Florida de la Sierra se compone por una torre de ocupación normal y una torre de parqueaderos.
- La torre de ocupación normal tiene diferentes niveles para el inicio de la cimentación.
- El diseño del detallado se hizo para la torre de ocupación normal la cual consta de 20 pisos, en la que se tienen dos niveles para la profundidad de cimentación.
- Concreto de 28 MPa (4000 psi).

Siguiendo las recomendaciones de la Tabla 6 y la descripción de cada ítem se presenta los resultados para la ejecución de los planos estructurales del proyecto Florida la Sierra como lo indica la Tabla 12.

Tabla 12

Resumen para el detallado y despiece de las vigas de cimentación. Proyecto Florida la Sierra

Descripción	Viga (50x150) cm	Viga (70x150) cm
Acero mínimo	23.643 cm ²	33.1 cm ²
Barras	No. 7	No. 7
# de barras	7 barras No. 7	9 barras No. 7
Si	7 cm	7 cm
Distribución de barras	5 en la primera fila más 2 en la segunda fila	7 en la primera fila más 2 en la segunda fila

Longitud de gancho para barra No. 7	35 <i>cm</i>
Longitud de empalme para barra No. 7	155 <i>cm</i>
Recubrimientos	<ul style="list-style-type: none"> • 7 <i>cm</i> (<i>inferior</i>) • 5 <i>cm</i> (<i>laterales</i>) • 7 <i>cm</i> (<i>superior</i>)
Separación de estribos	15 <i>cm</i>

Para las losas, es el ingeniero de la empresa quien después del análisis describe el detallado para el refuerzo principal y los adicionales que componen la losa, en donde se especifica la separación de las barras y si esta es construida en situ o son mallas prefabricadas. En el Apéndice C se observa un corte típico para la cimentación.

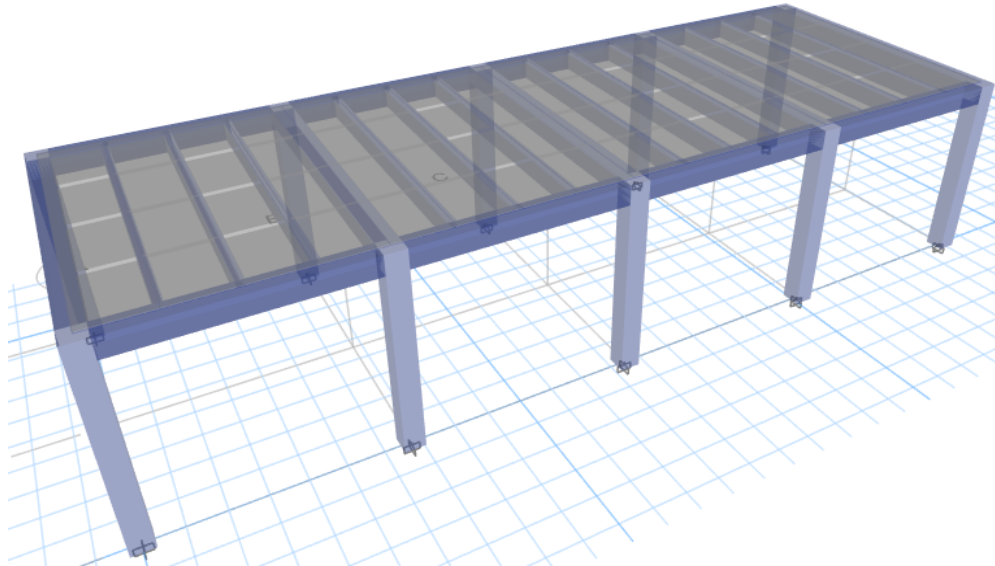
En el Apéndice A y Apéndice B se puede observar en detalle cómo la distribución de las vigas para los cimientos de la torre del proyecto Florida la Sierra

En el Apéndice C se observa en detalle cómo se encuentran compuestas la sección transversal las vigas y las losas para los cimientos del proyecto Florida la Sierra

El Apéndice D hace una descripción gráfica del detallado final de algunas de las vigas de los cimientos en donde se puede observar los resultados de la Tabla 12.

5.2 PROYECTO 2 Proyecto San Juan de la Cuesta.

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo bajo el acompañamiento del tutor designado por la empresa en el cual se requirió diseñar tanto el análisis sísmo resistente como los planos estructurales para la respectiva construcción de la recepción, parte del proyecto San Juan de la Cuesta. En la Figura 10 se observa el modelo realizado en el software ETABS para el análisis del comportamiento estructural, la información general para este proyecto se detalla en la Tabla 13.

Figura 10*Modelo de la recepción en ETABS***Tabla 13***Información general del proyecto Florida de la Sierra*

INFORMACION GENERAL	
Nombre	Proyecto San Juan de la Cuesta
Ubicación	Bolívar, Santander
Diseño Estructural	Dalmo S.A.S., Ing. Dalton Moreno G.

Se recibieron los planos arquitectónicos impresos por parte del arquitecto para la realización del diseño estructural de la recepción, de los planos arquitectónicos e información suministrada por el tutor de la empresa y siguiendo los lineamiento de la Tabla 7, se obtuvieron los resultados indicados en la Tabla 14.

Tabla 14

Datos de entrada para el análisis de la recepción en ETABS, proyecto San Juan de la Cuesta

Estudio	Descripción	Resultado
Estudio de suelos	Suelo	Tipo D
	Cimentación	Superficial
	Ubicación	Bucaramanga (Santander)
Datos de entrada	Aa	0.25
	Av	0.25
	Fa	1.30
	Fv	1.90
	I	1.00
Cargas	S	1.00kN/m ²
	CV	0.50kN/m ²
	Disipación de energía	DES
	Ro	7.00
Modelado	Øa	1.00
	Øp	1.00
	Ør,x	1.00
	Ør,y	0.75
	R,x	7.00
	R,y	5.25

De acuerdo con la Figura 1, y con los datos de entrada de la Tabla 14 se hace la obtención de los parámetros para los periodos fundamentalmente, donde se obtuvo el periodo de vibración inicial (**T₀**), el periodo correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante y el espectro de diseño para periodos cortos (**T_c**) y el periodo de vibración correspondiente para periodos largos (**T_l**), los cuales están indicados en la Tabla 15.

Tabla 15

Periodos de vibración en segundos de acuerdo con el espectro elástico de aceleraciones

Periodo	Tiempo en segundos
T0	0.15
TC	0.70
TL	4.56

Los datos de la Tabla 14, *Datos de entrada* arrojan el espectro de diseño presentado en la Figura 11, espectro de diseño a través del software ETABS, en ella se hizo la ubicación del primer periodo del modo 1 presentado en la Tabla 16, con el fin de encontrar la ubicación de la estructura dentro del espectro de diseño. Como conclusión la estructura se encontró en la meseta del espectro de aceleración, por consiguiente, se procedió hacer el cálculo del espectro de aceleraciones de diseño para un periodo dado, por medio de la *Máxima aceleración horizontal de diseño (Sa)*, como lo plantea el artículo A.2.6 en la Figura A.2.6-1 del Reglamento NSR-10, La masa (**m**) de la estructura teniendo en cuenta el peso propio de la estructura y la carga sobre impuesta y las fuerzas sísmicas **V_{tj}** representadas por (**F_x**, **F_y**), la masa y las fuerzas son extraídas del software ETABS a través de la Tabla 17.

Figura 11

Espectro elástico de aceleración, ETABS

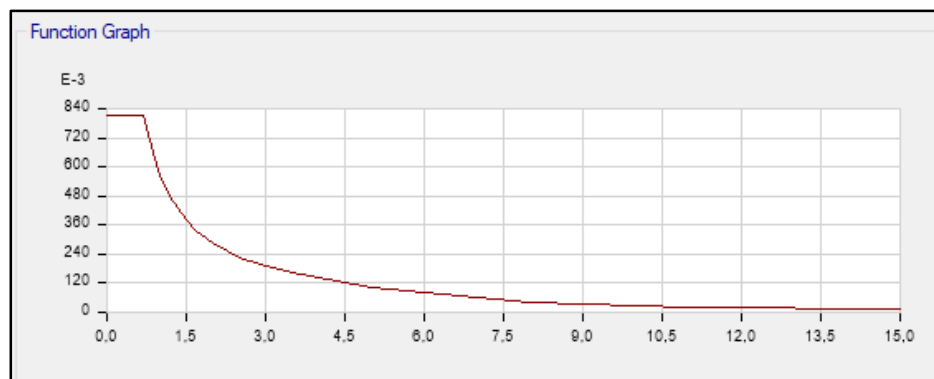


Tabla 16*Periodos de vibración, ETABS*

modo	Periodo en segundos
1	0.183
2	0.17
3	0.153
4	0.065
5	0.065
6	0.064
7	0.064
8	0.042
9	0.041
10	0.039
11	0.037
12	0.030

Tabla 17*Masa y respuesta de la estructura, ETABS*

TABLE: Base Reactions			
Output Case	FX	FY	FZ
	kN	kN	kN
Dead	0	0	280,4577
Live	0	0	0
Sd	0	0	93,012
Ex	39,4324	0	0,000003072
Ey	0	52,6013	0,0482
Fx	276,0268	5,465E-07	0,00002151
Fy	0	276,1571	0,2531

Nota. *Adaptada de ETABS (2017)*

El cortante sísmico de la estructura en la base (V_s) se obtuvo de acuerdo con el Artículo A.4.3.1 del Reglamento NSR-10, se procede a hacer el cálculo de R_x y R_y de acuerdo con la Ecuación 8 ya que la estructura es irregular, *Ajuste de resultados*, se hizo la aplicación de los factores de modificación para el análisis dinámico, para estructuras irregulares se obtuvieron las fuerzas en

las direcciones analizadas, los valores se muestran en la Tabla 18, donde R_x , R_y son las fuerzas resultantes en la base de las direcciones en estudio y V_s es el cortante en la base.

Tabla 18

Resultado del cortante en la base y chequeo de las fuerzas horizontales

Descripcion	Resultado
Sa	0.8125
m	373.47 kN
V_s	303.44 kN
R_x	$0.989 < 1.00$
R_y	$0.988 < 1.00$

El chequeo expresado en la Tabla 18 se lleva a cabo con el objetivo de no tener estructuras muy flexibles en donde se administra una fuerza más exigente para verificar su cumplimiento, además se hace el chequeo de las derivas ya que estas no deben exceder los valores especificados en la Tabla 10 cuando estas tienen desplazamientos en una dirección. En el caso que se presente un desplazamiento rotacional se deberá tener en cuenta la deriva máxima como lo especifica el Artículo A.6.3.1.2.

Al ser revisado por el ingeniero de la empresa se concluye que el análisis es correcto por lo cual se procedió hacer el diseño del refuerzo que compondrá la estructura, con los requerimientos del capítulo C.21, Artículo C.21.6 se hizo el diseño del refuerzo para columnas, de acuerdo con el Apéndice E y el Artículo C.21.6.3.1 del Reglamento NSR-10 se hizo el cálculo para el acero mínimo y máximo de refuerzo en las columnas, y al igual que el proyecto uno el desarrollo de ganchos, recubrimientos y longitud de traslapo se calculó de la misma forma tanto para vigas como para columnas, así los resultados se presentan a continuación.

De acuerdo con el Apéndice E los elementos estructurales de las columnas requirieron más del acero mínimo por sección en las 6 columnas centrales, por lo tanto, se concluyó que se diseñarían

dos tipos de columnas de dimensiones (30x30) cm, las cuales se diferenciaron por la cantidad del refuerzo longitudinal que las compone. Para la separación de estribos se debió tener en cuenta el Artículo C.21.6.4.1, que especifica los requisitos mínimos para la separación de estribos tanto en zonas confinadas como no confinadas, en la Tabla 19 se presenta un resumen para el detallado del refuerzo para las columnas, se recomienda hacer el empalme en la mitad de la altura de entrepisos con una cantidad del 50% del refuerzo longitudinal para no crear puntos de falla en las columnas en el caso de ser requeridas.

Tabla 19

Resumen para el detallado de las columnas para el proyecto San Juan de la Cuesta

Descripción	Resultados
As,min por norma	9.00 cm^2
As,max por norma	36.00 cm^2
As requerido para C1 por diseño	9.00 cm^2
As requerido para C2 por diseño	22.95 cm^2
Composición del acero para C1	4No. 5 Externas 4No. 4 Internas
Composición del acero para C2	4No. 6 Externas 4No. 6 Internas
Longitud de empalme	No se requiere
Recubrimiento	4.00 cm alrededor Para No. 4 = 20.00 cm Para No. 5 = 25.00 cm Para No. 6 = 30.00 cm
Longitud para ganchos	Se usara 30 cm para todas las barras con el objetivo de evitar errores e la construcción.
Separación estribos en zona confinada	7.00 cm
Separación estribos en zona confinada	10.00 cm

El diseño y despiece de las vigas se hizo de igual manera que en el proyecto uno, para el cálculo del acero mínimo, análogamente se tuvo en cuenta el Apéndice F para la apropiada disposición del acero que se requirió por diseño, en la Tabla 20 se encuentran los requerimientos para el diseño de vigas.

Tabla 20

Resumen para el detallado de las columnas para el proyecto San Juan de la Cuesta

Descripción	Viga (30x30) cm
As,min	2.60 cm ²
Barras	No. 5 para el refuerzo principal No. 5 para el refuerzo adicional
# de barras	2No. 5 para principal 1No. 4 para el adicional
Longitud de gancho para barra No. 5 y No. 4 de ser requerido	30 cm
Longitud de empalme para barra No. 5	70 cm
Recubrimientos	4 cm (al rededor)
Separación de estribos cerrados	6 cm para las zonas confinadas y empalmes 12 cm para las zonas no confinadas

En los apéndices descritos a continuación se hace la representación de algunos planos generados en el software AutoCAD, en el Apéndice G, se representa el detallado en planta de cimientos y vigas de la cubierta, el Apéndice H, muestra el detallado del despiece de algunas vigas de cimentación y vigas de la cubierta en el Apéndice I, se lleva a cabo el detallado del despiece de las columnas de la recepción del proyecto San Juan de la Cuesta.

5.3 PROYECTO 3 Proyecto Lebrija.

Proyecto al cual se hizo la realización de los planos estructurales, para ser construidos en obra, se realizan los planos de la cimentación para el proyecto Lebrija, la cual está compuesta por una torre, en la Figura 12 se hace una representación en planta de la torre y en la Tabla 21 se presenta la información general del proyecto.

Figura 12 Descripción general en planta. Proyecto Lebrija

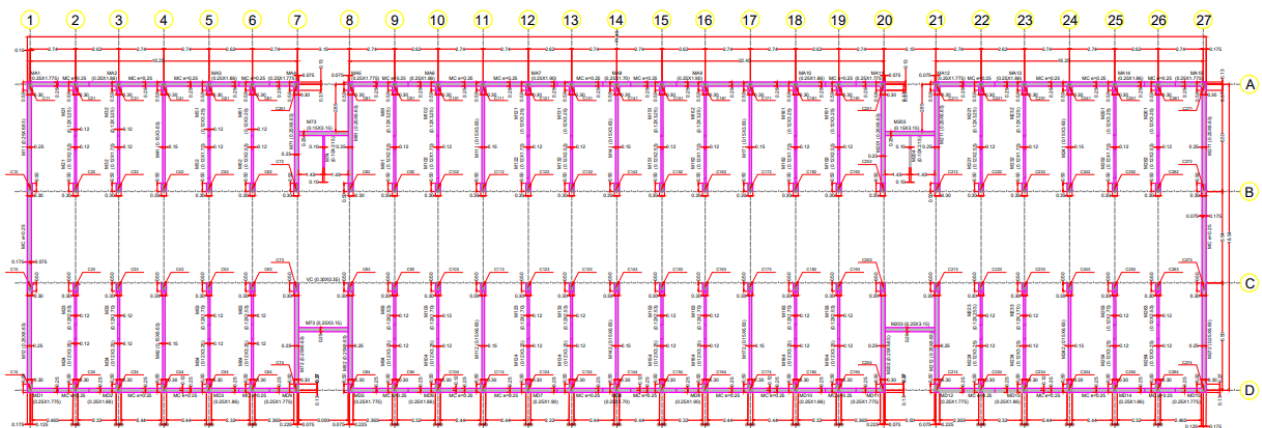


Tabla 21

Información general del proyecto Lebrija

INFORMACION GENERAL	
Nombre	Proyecto Lebrija
Ubicación	Bolívar, Santander
Diseño Arquitectónico	Arturo Aurelio Capacho P.
Diseño Estructural	Dalmo S.A.S., Ing. Dalton Moreno G.

El procedimiento para el desarrollo de este proyecto se llevo de la misma forma con la que se trabajo el proyecto 1, por lo tanto en la Tabla 22 se presentan los resultaos que se obtubieron en su diseño.

Tabla 22

Resumen para el detallado y despiece de las vigas de cimentación. Proyecto Lebrija

Descripción	Viga (50x160) cm	Viga (70x160) cm
Acero mínimo	25.31 cm ²	35.43 cm ²
Barras	No. 7	No. 7
# de barras	7 barras No. 7	10 barras No. 7
Si	7 cm	7 cm
Distribución de barras	5 en la primera fila más 2 en la segunda fila	8 en la primera fila más 2 en la segunda fila
Longitud de gancho para barra No. 7	35 cm	
Longitud de empalme para barra No. 7	155 cm	
Recubrimientos	<ul style="list-style-type: none"> • 7 cm (inferior) • 5 cm (laterales) • 7 cm (superior) 	
Separación de estribos	15 cm	

En el Apéndice J se puede observar en detalle cómo la distribución de las vigas para los cimientos de la torre del proyecto Lebrija.

En el Apéndice K se observa en detalle cómo se encuentran compuestas la sección transversal las vigas y las losas para los cimientos del proyecto Lebrija.

El Apéndice L una descripción grafica del detallado final de algunas de las vigas de los cimientos en donde se puede observar los resultados de la Tabla 22.

Lo Apéndice M y Apéndice N hace una descripción grafica del detallado general y del refuerzo adicional para la losa inferior en un sentido para la losa de cimentación de 50cm.

5.4 PROYECTO 4 Proyecto Edic UIS.

Para este proyecto se realiza la cantidad de obra estructural para los muros y las columnas que componen el avance de la estructura indicada en la Figura 13, en donde se observa el avance

del edificio que se llevara a cabo en la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga, en la Tabla 23 se hace una descripción general de este proyecto.

Figura 13

Vista en planta del posicionamiento de muros y columnas para el proyecto Edic UIS

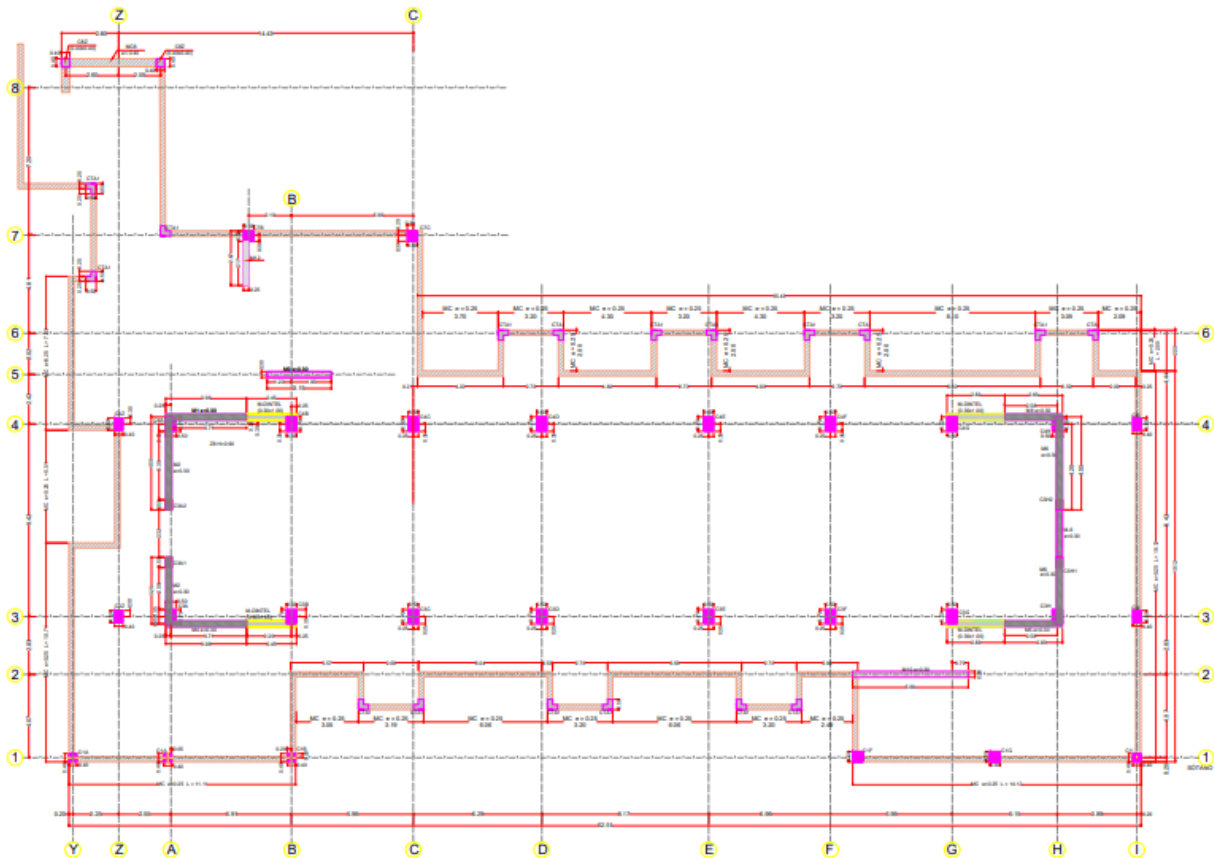


Tabla 23

Información general del proyecto Edic UIS

INFORMACION GENERAL	
Nombre	Proyecto Edic UIS
Ubicación	Universidad Industrial de Santander (Santander)
Dirección	Cra 27, Cl.9 Ciudad Universitaria
Diseño Estructural	Dalmo S.A.S., Ing. Dalton Moreno G.

Se recibió un archivo DWG con la totalidad de 38 planos del diseño para el proyecto Edic UIS, se requirió sacar la cantidad de obra estructural para las columnas y de los muros estructurales, los cuales se encuentran especificados en 9 planos estructurales, en los Apéndice O, Apéndice P y Apéndice Q se observa el detallado de algunas columnas y muros estructurales a manera de ejemplo para el desarrollo de esta actividad.

La determinación de la cantidad de obra y el detallado del figurado se llevó a través de una plantilla proporcionada por la empresa Dalmo S.A.S., donde se detallan las longitudes y la cantidad en kilogramos del refuerzo requerido para cada elemento, el proceso se hizo a través de la observación en AutoCAD y se especificó en la plantilla Excel. En el Apéndice R y Apéndice S se hace la presentación a través de Excel para la cantidad estructural requerida de las columnas y los muros estructurales expuestos en los Apéndice O, Apéndice P y Apéndice Q, la determinación de la cantidad de obra estructural de este proyecto se realizó para un total de 25 columnas y 8 muros estructurales y un muro de sótano que rodea la edificación.

6. Conclusiones

Se logró llevar todas las actividades propuestas ya que en los tres primeros proyectos se realizó la ejecución de planos estructurales, además en el segundo proyecto se efectuó el análisis sísmico resistente y en el cuarto proyecto se calculó la cantidad de obra estructural, todos y cada uno para ser interpretados y elaborados en obra.

Se integraron los conocimientos adquiridos en la formación académica en cuanto al análisis y diseño, gracias a las capacitaciones prestadas por la empresa y cursos realizados se adquiere un conocimiento más amplio en el manejo del software ETABS.

Se adquiere adquirió el conocimiento para la presentación de planos estructurales, los cuales son de vital importancia para el proceso que se deberá seguir en obra.

Se aprende a identificar el proceso para el dimensionamiento de columnas con el objetivo de hacer control de la deformación de la estructura cuando se presenten sismos.

El uso incorrecto de la irregularidad en planta hace que en la estructura presente torsión lo que genera fuerzas nocivas concentradas en puntos de la estructura provocando fallos en dichos puntos.

Al no tener en cuenta las irregularidades en altura como por ejemplo la reducción brusca de pisos superiores, hace que se puedan presentar fallos ya que esto involucra una amplificación del periodo en estos pisos.

En el momento de analizar los resultados del modelo estructural se debe hacer el análisis y chequeo que anteriormente se expone, los cuales nos ayudaran a identificar las posibles fallas que pueden presentar los elementos, e incluso con la herramienta concrete Frame Desing que ofrece el programa ETABS se observan irregularidades por la cuales pueden presentarse fallas.

El factor de reducción R permite diseñar estructuras más económicas, ya que resulta costoso e ineficiente diseñar estructuras para que respondan en el rango elástico bajo las acciones sísmicas.

Referencias Bibliográficas

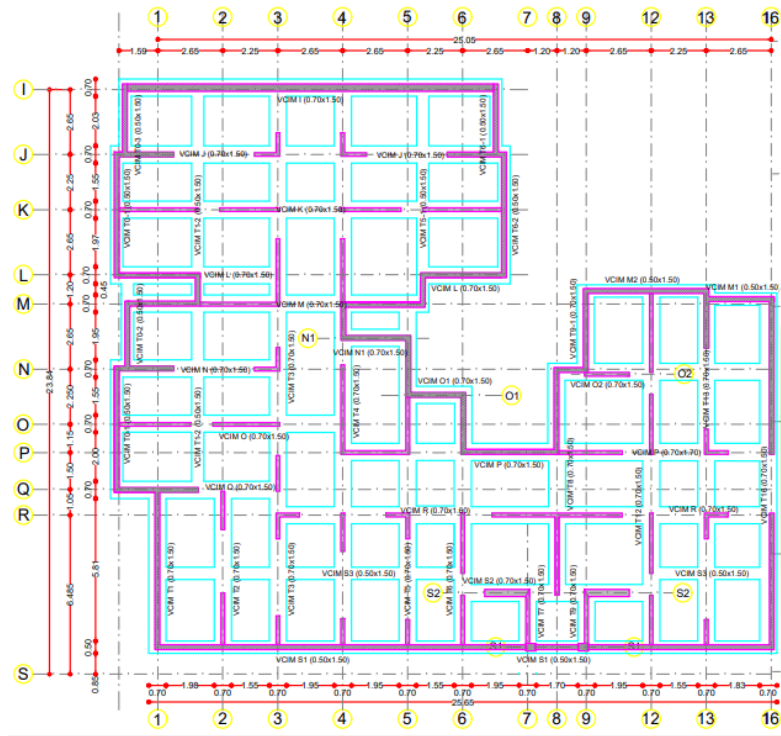
- Ardila, J. (2016). *Evaluación del coeficiente de disipación de energía, R, para edificios con un sistema estructural combinado de muros y pórticos en concreto, con diferente número de pisos* (tesis de Magister en estructuras). Universidad Nacional de Colombia.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia 2009, Comité AIS-300: Amenaza Sísmica, Bogotá D.C., 2010., http://www.r-crisis.com/Content/files/EstudioGeneraldeAmenazaSismicadeColombia2009_AIS_lowres.pdf
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería*, https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ais_mamposteria_fraccionado_es.pdf
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá D.C., 2012.
- Bairán, C. y Moreno, R. (2014). *Calibración de umbrales de daño sísmico para el análisis de fragilidad sísmica de estructuras de hormigón armado mediante análisis estático no lineal ("Push- Over")* (tesis de Master de Ingeniería Estructural). Universidad Politécnica de Cataluña.
- Benjumea, J. y Sotelo, F. y Celis C. y Chio Cho, G. (2016, octubre). *Efecto del grado de capacidad de disipación de energía sísmica seleccionado en las cantidades de obra de muros de concreto reforzado*. Tecnura <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257049511002>

- Bonett, Ricardo. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza sísmica alta y moderada* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña.
- Cardona, Natalia. (2017). *Estudio del comportamiento estructural al usar los diferentes métodos de análisis sísmicos del reglamento colombiano de construcción sismo resistente, NSR-10* (Tesis de Magister). Universidad EAFIT.
- Garzón, P. (2011). *Evaluación de la Amenaza Sísmica de Colombia mediante análisis de valores extremos históricos* (tesis de Magister - Geotecnia). Universidad Nacional de Colombia.
- López, C. y Murcia, Y. (2018). *Desarrollo de una guía práctica para la construcción de vivienda social en zonas con alta vulnerabilidad sísmica de acuerdo con la nsr-10- caso de estudio localidad Usme – upz 57 gran yomasa* (tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia.
- Mora, A. y Villalba, J. y Maldonado E. (2006, Julio). *Deficiencias, limitaciones, ventajas y desventajas de las metodologías de análisis sísmico no lineal*. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias>
- Mora, C. (2020). *Manual de diseño y construcción sismo resistente para casas de uno y dos pisos en mampostería confinada de acuerdo con el Título E – NSR-10* (tesis de Pregrado). Universidad Piloto de Colombia.
- Piscal, C. & Lamus, F. & Araque, L. (2013, abril). *Herramienta computacional para el cálculo de fuerzas sísmicas usando el método de la fuerza horizontal equivalente*. Revista épsilon. 20. 215/235., <https://www.researchgate.net/>

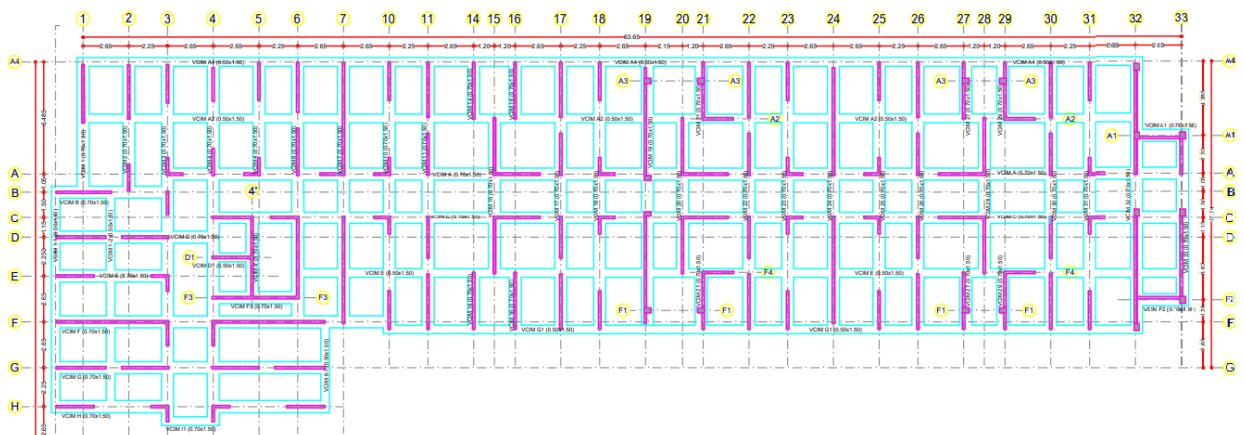
Valencia, D. y Valencia, G. (2008, abril). *Evaluating response modification factor (R) for some types of structure*, ENGINEERING AND RESEARCH MAGAZINE, <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v28n1/v28n1a05.pdf>

Apéndices

Apéndice A Planta final de la viga de cimientos N-2.80 del Proyecto Florida de la Sierra

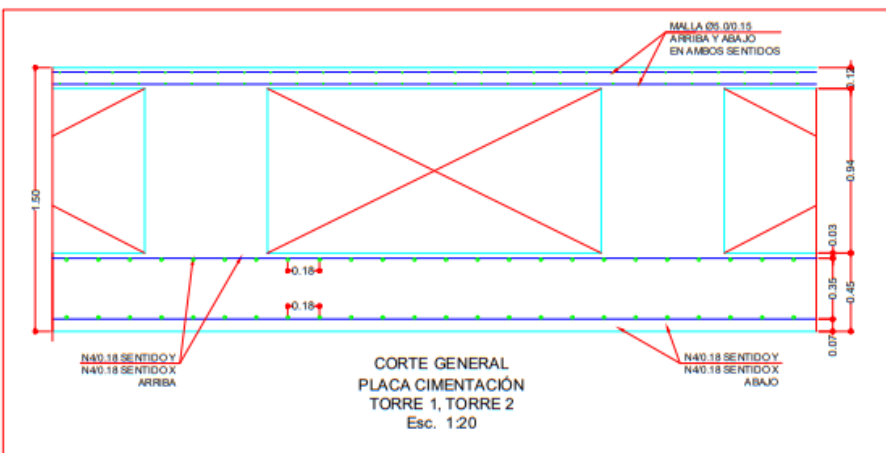
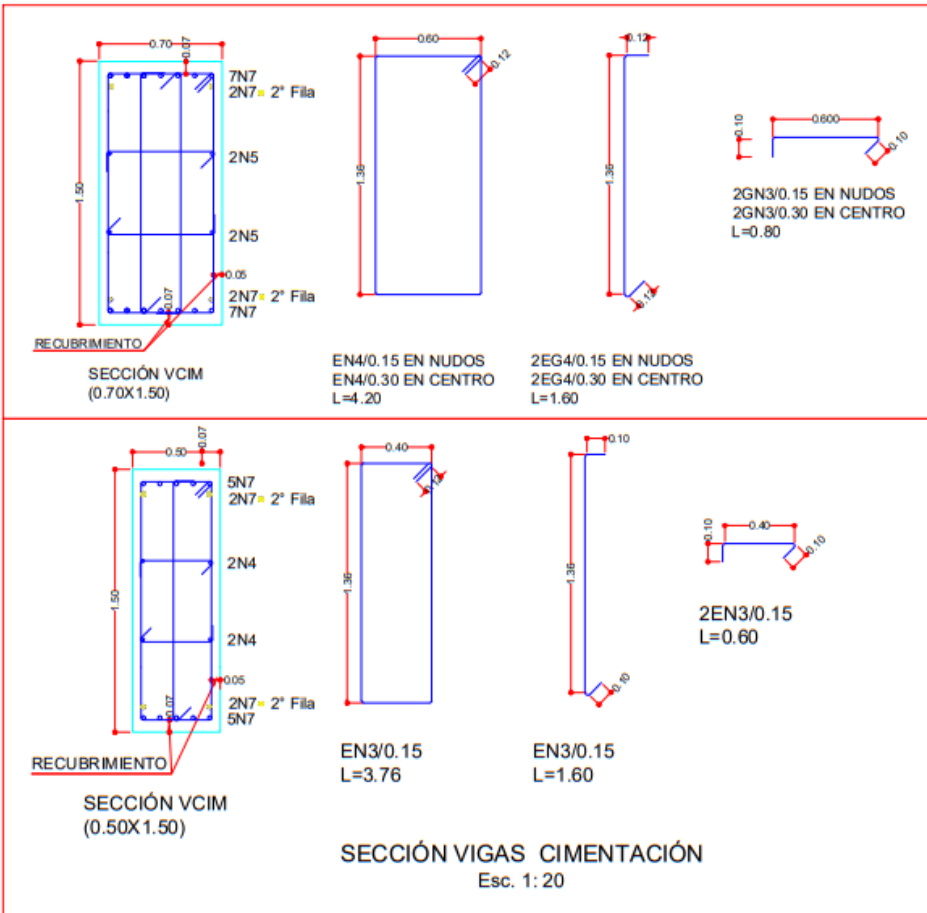


Apéndice B Planta final de la viga de cimientos N-0.00 del Proyecto Florida de la Sierra

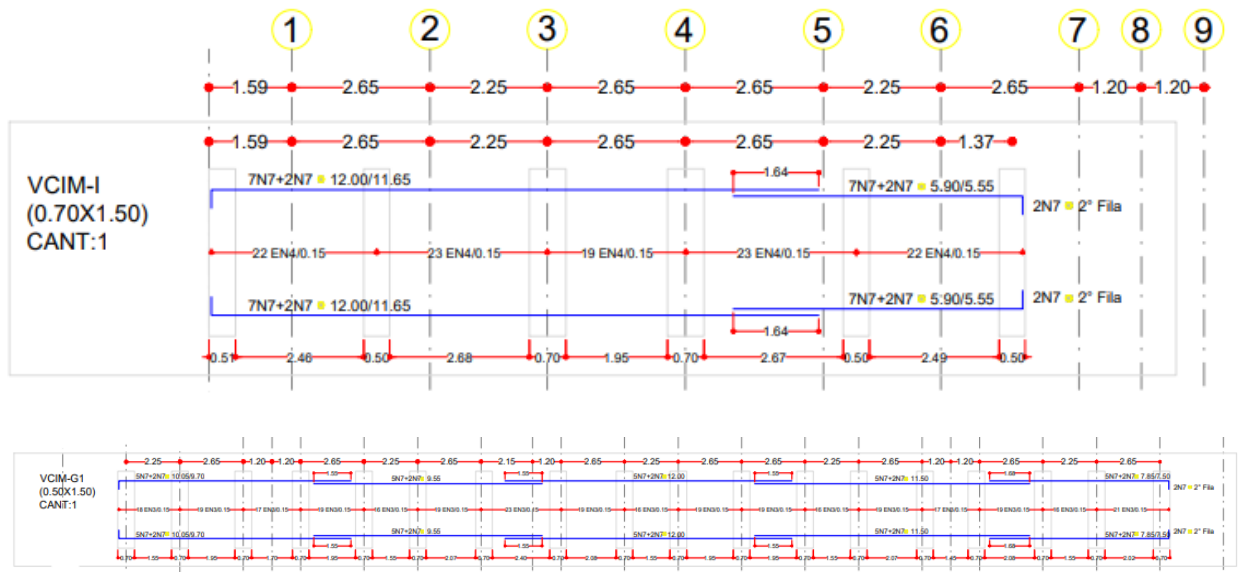


Apéndice C Sección transversal para vigas y corte típico de la losa de cimentación del Proyecto

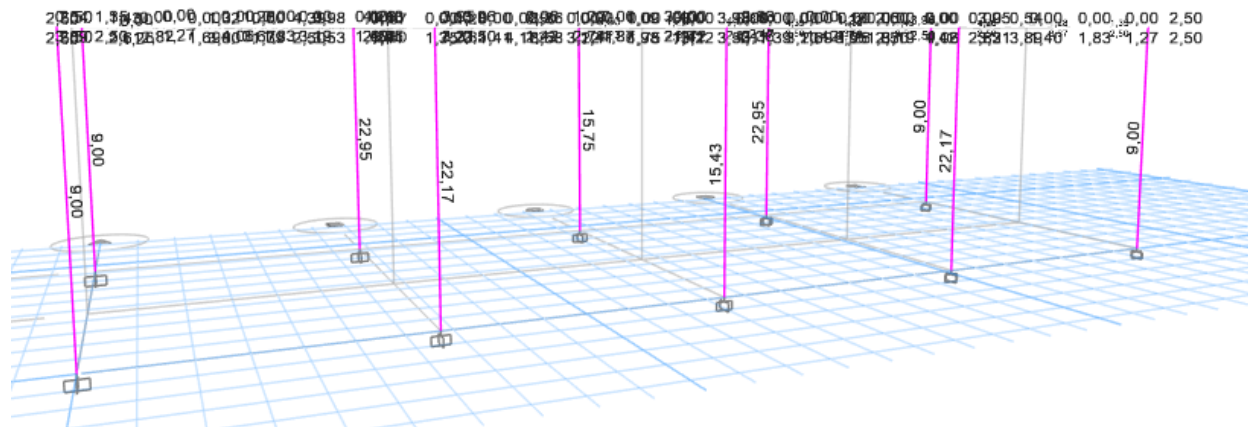
Florida de la Sierra



Apéndice D Despiece longitudinal de las vigas de cemento para el proyecto Florida de la Sierra



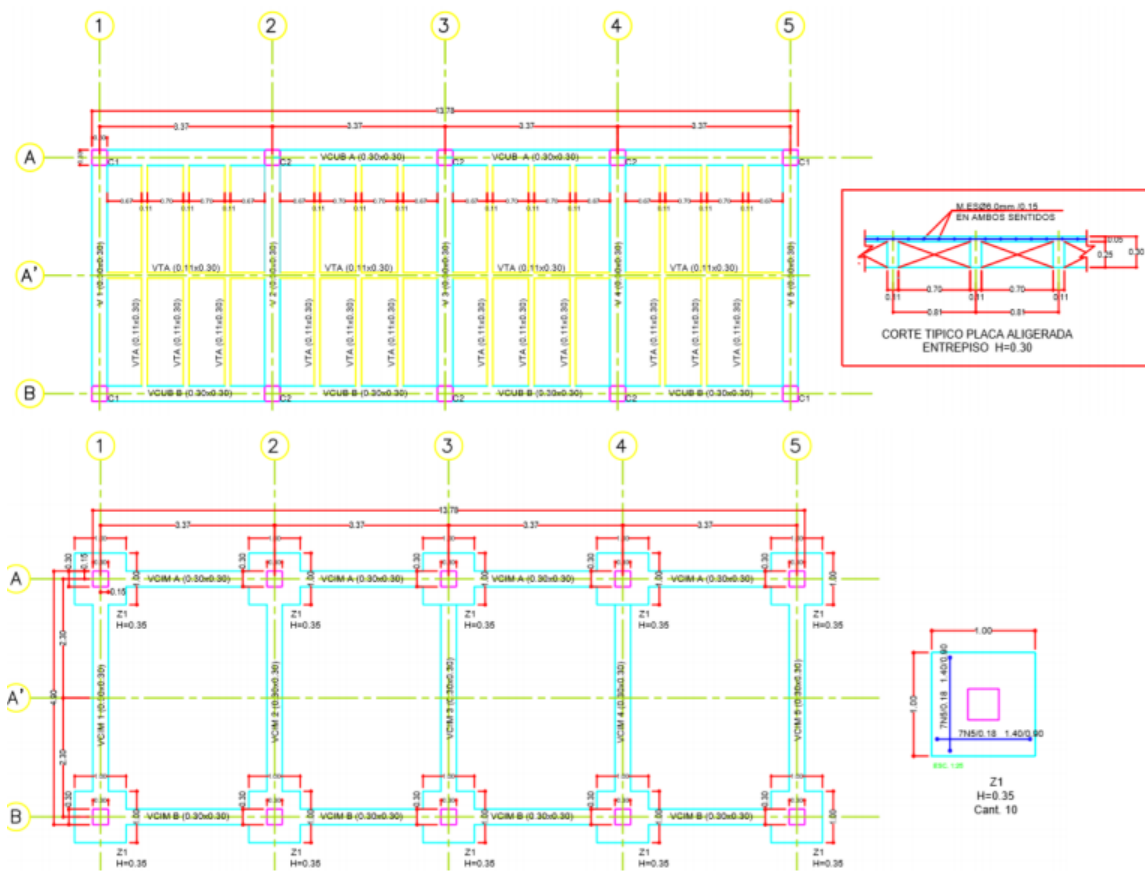
Apéndice E Área del refuerzo requerido por diseño en ETABS para el proyecto San Juan de la Cuesta



Apéndice F Área de refuerzo para el acero de las vigas en la cubierta para el proyecto San Juan de la Cuesta

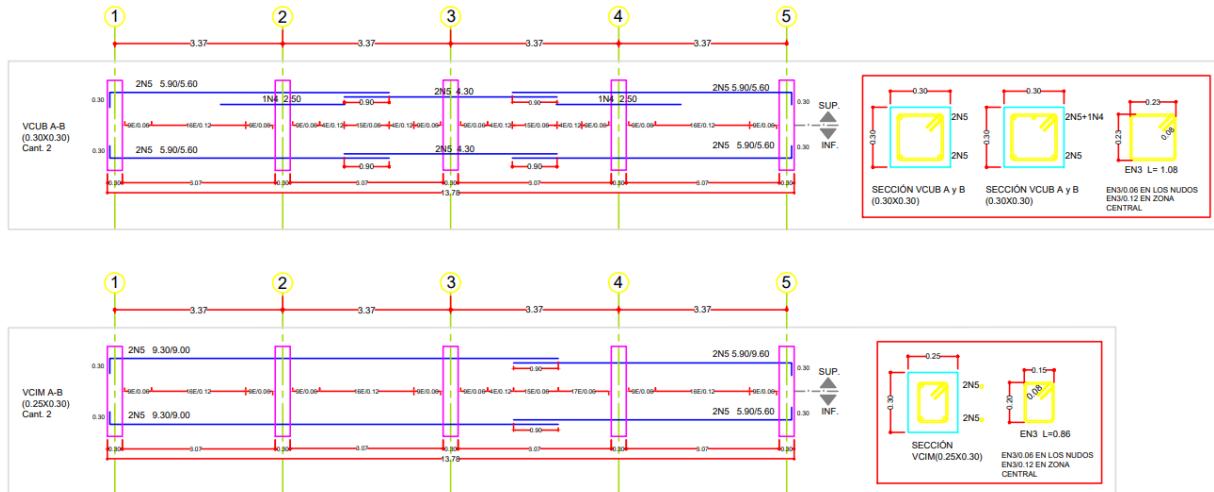
1.43	1.32	4.39	4.07	1.26	3.50	3.50	1.26	4.07	4.39	1.32	1.43
2.61	3.80	2.50	2.50	2.82	2.23	2.23	2.82	2.50	2.50	3.80	2.61
2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50
0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54
3.88	2.82	4.06	3.98	4.17	3.22	3.22	4.17	3.22	3.22	4.06	3.88
2.50	1.27	1.83	3.95	1.87	1.42	1.42	1.87	1.42	1.42	1.83	2.50
1.35	1.28	4.26	3.96	1.22	3.40	3.40	1.22	3.96	4.26	1.28	1.35
2.50	3.67	2.50	2.50	2.74	2.17	2.17	2.74	2.50	2.50	3.67	2.50

Apéndice G Detallado de los elementos en planta para la cubierta y cimentación de la recepción del proyecto San Juan de la Cuesta



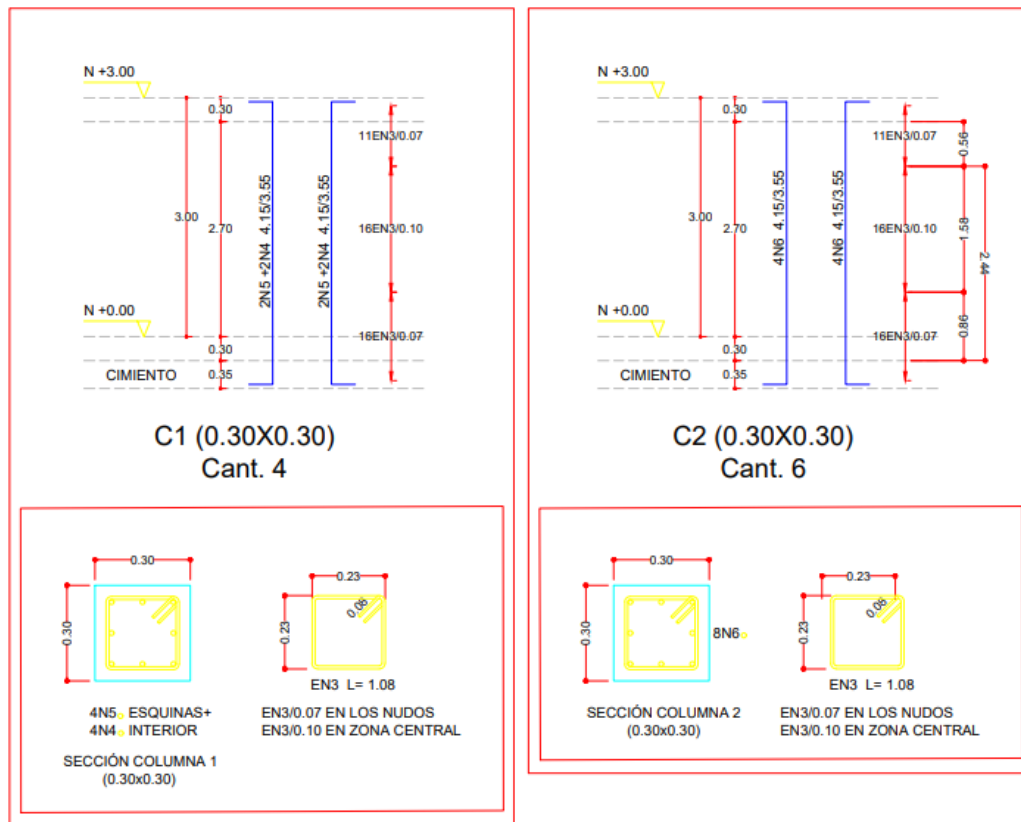
Apéndice H detallado para vigas de la cubierta y cimentación de la recepción para el proyecto

San Juan de la Cuesta

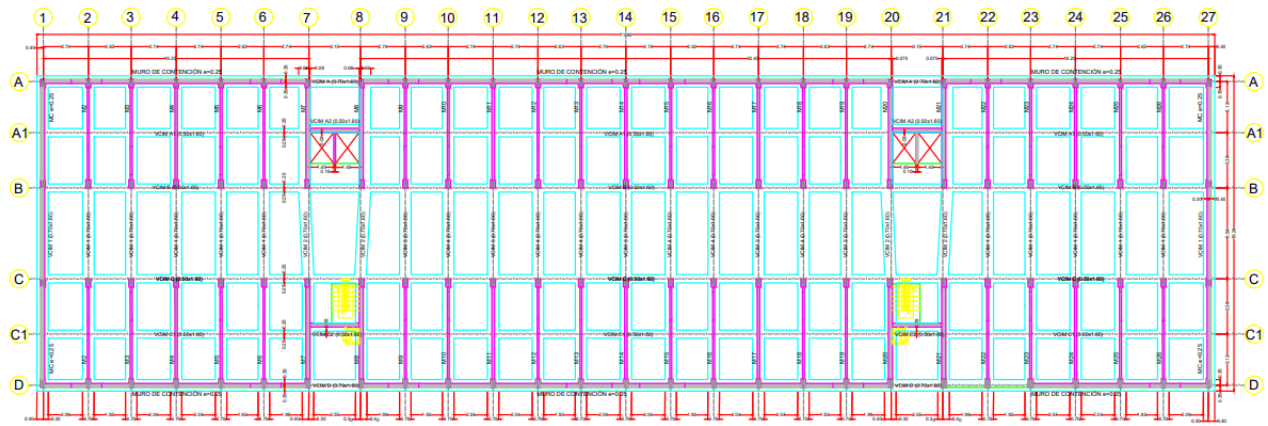


Apéndice I Detalle del despiece para las columnas C1 y C2 para la recepción del proyecto San

Juan de la Cuesta

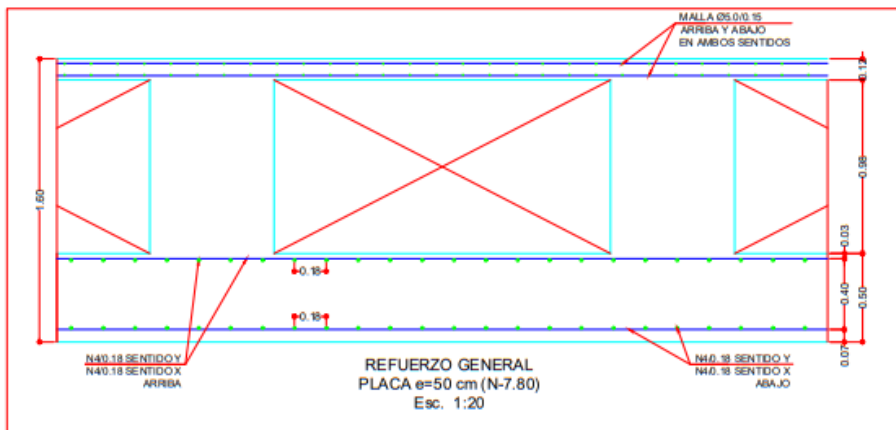
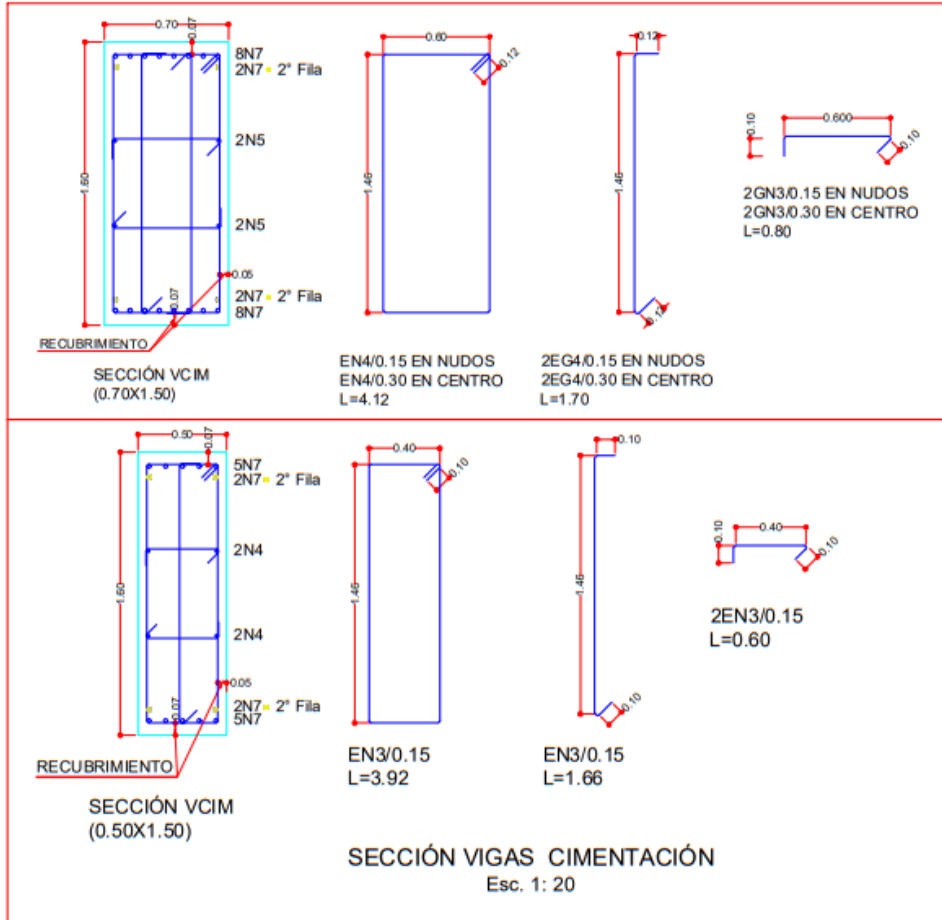


Apéndice J *Planta final de las vigas de cimientos del Proyecto Lebrija*

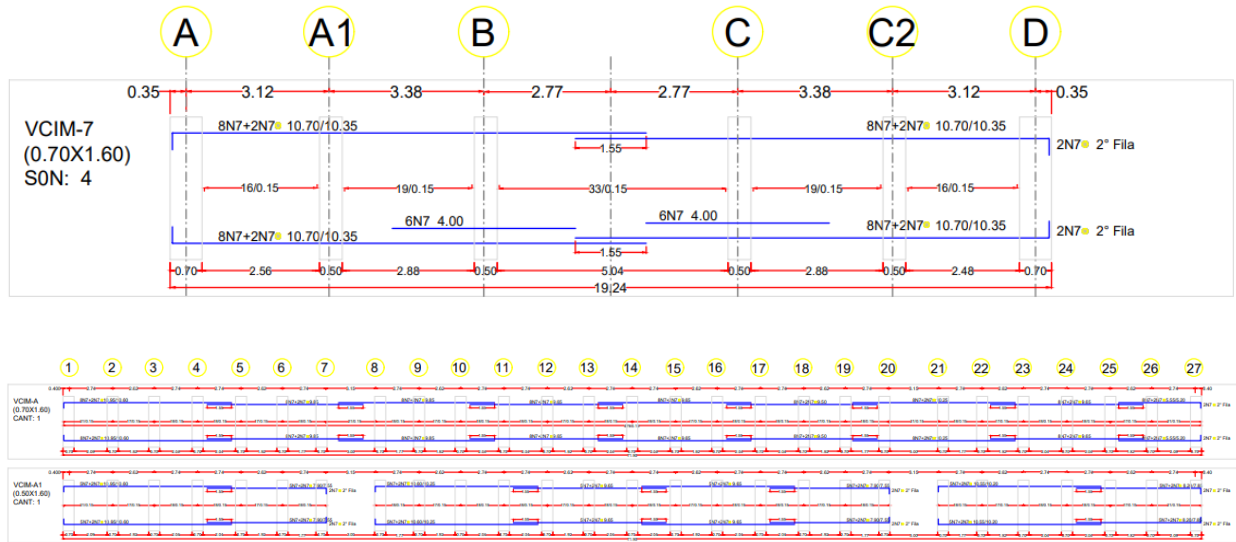


Apéndice K Sección transversal para vigas y corte típico de la losa de cimentación del

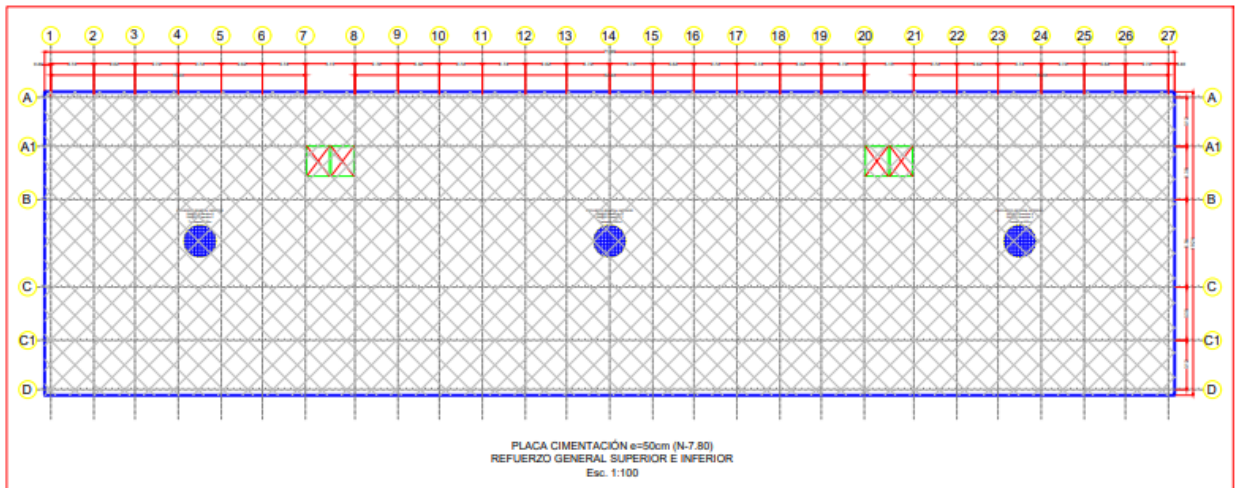
Proyecto Lebrija



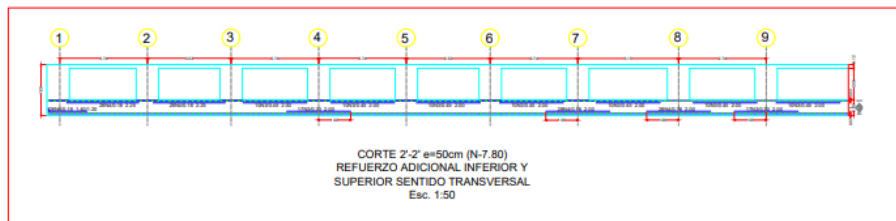
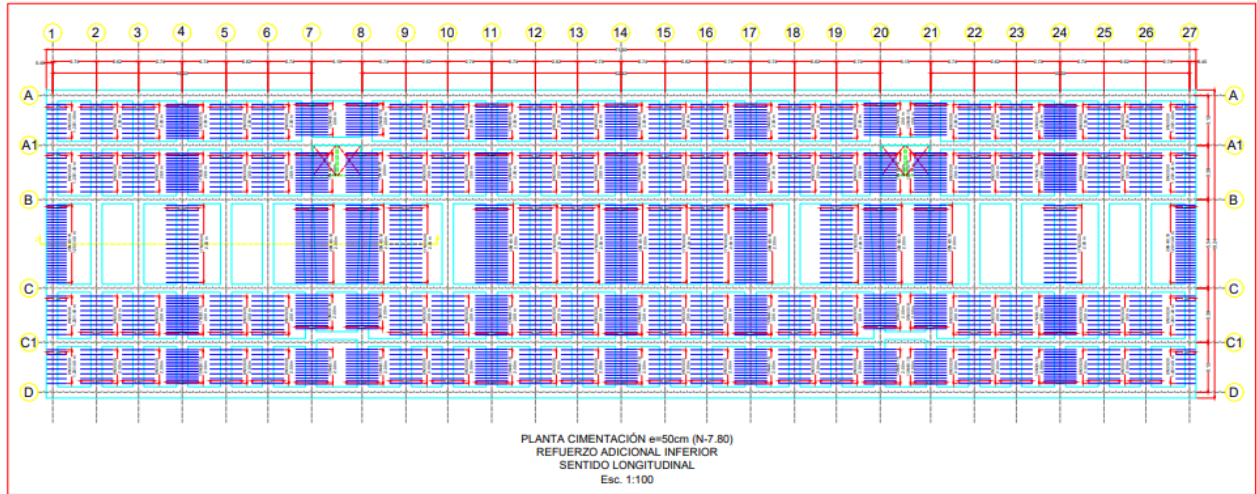
Apéndice L Despiece longitudinal de las vigas de cemento para el proyecto Lebrija



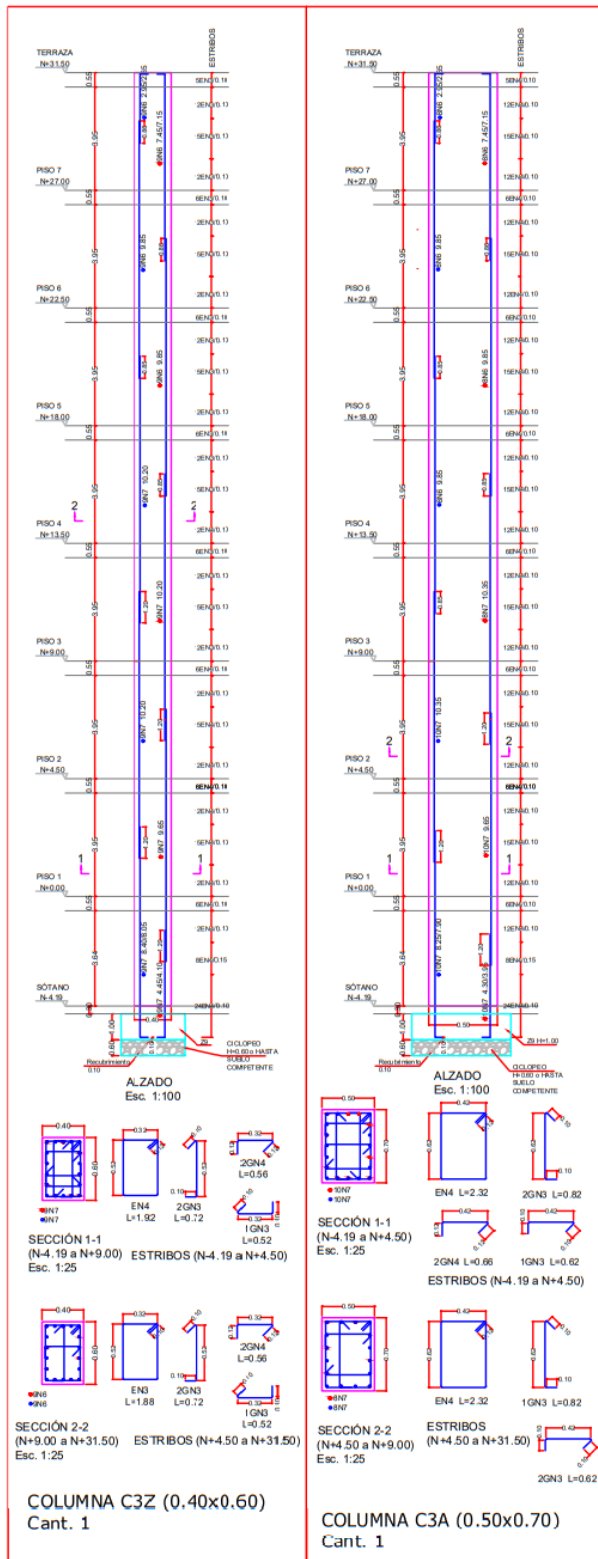
Apéndice M Detallado general para el refuerzo puesto in-situ de losa de cimentación 50 cm



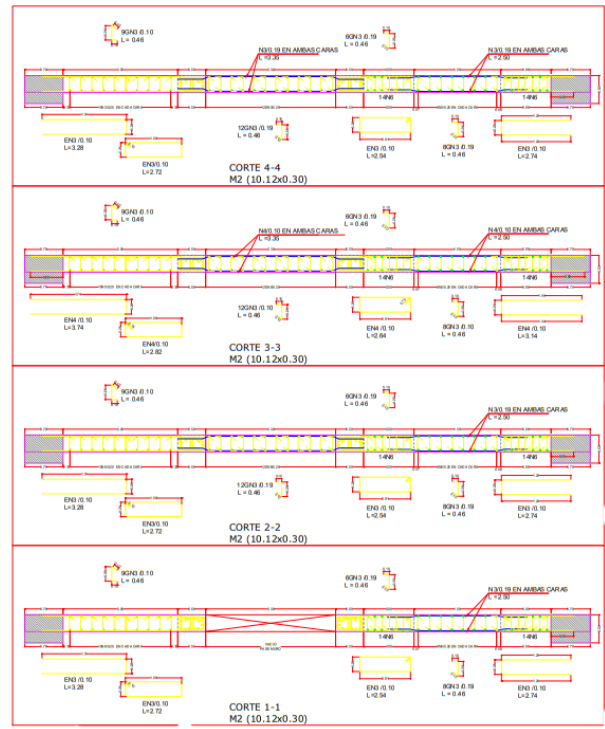
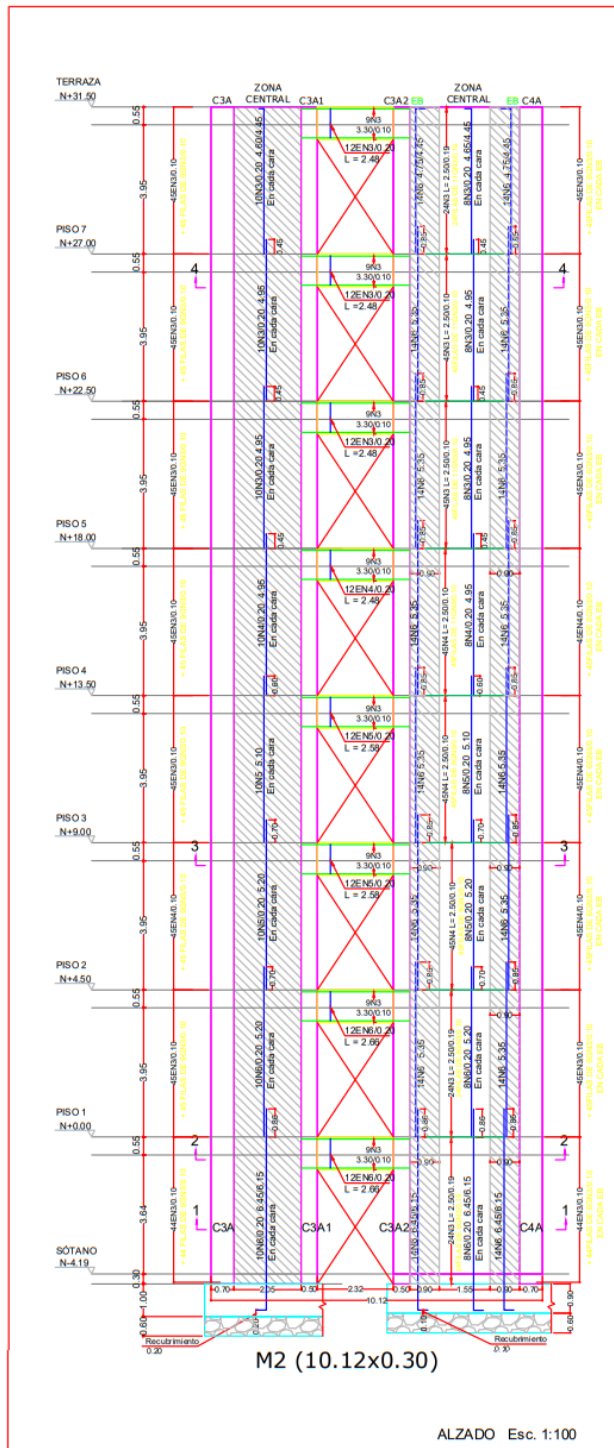
Apéndice N *Detallado del refuerzo adicional inferior en sentido longitudinal para la losa de cimentación de 50 cm*



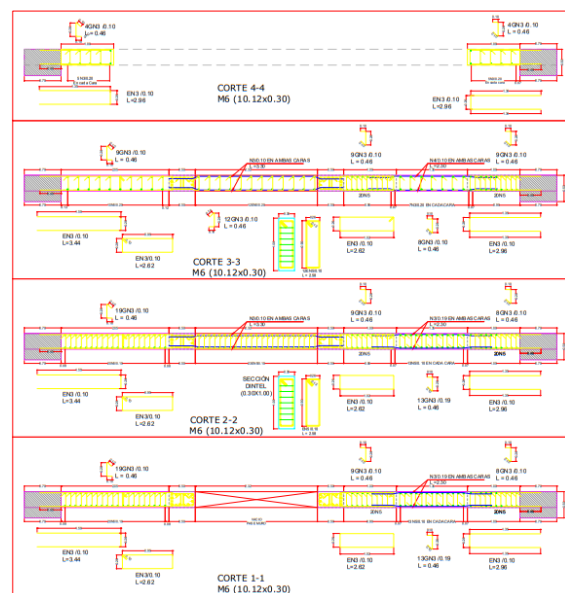
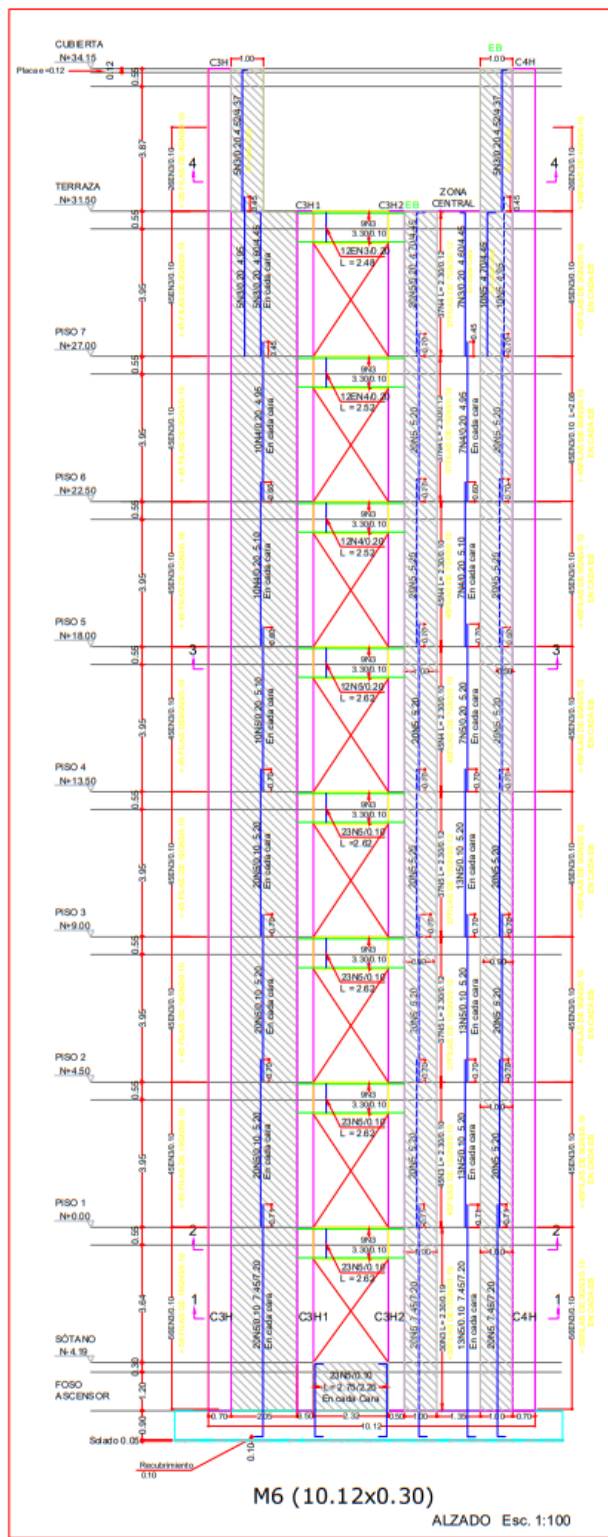
Apéndice O Detalles de columnas, proyecto Edic UIS



Apéndice P Detalles del Muro 2, proyecto Edic UIS



Apéndice Q Detalles del Muro 6, proyecto Edic UIS



Apéndice R Detallado del figurado de las columnas, proyecto Edic UIS

CANTIDADES COLUMNAS												
FORMA	1		2		3		4		5		6	
ELEMENTO	MARCA	FORMA	DIAMETRO PULGADAS	Nº BARRAS ELEMENTO	Nº ELEMENTOS	Nº TOTAL DE BARRAS	LONGITUD PARCIAL (m)			LONGITUD TOTAL (m)	PESO TOTAL (kg)	VOLUMEN CONCRETO (m ³)
							A	B	C			
C3Z (0.40X0.60)		4	7/8	9	1	9	8,05	0,35		8,40	229,82	8,88
		4	7/8	9	1	9	4,10	0,35		4,45	121,75	
		3	7/8	9	1	9	9,65			9,65	264,02	
		3	7/8	27	1	27	10,20			10,20	837,22	
		3	3/4	18	1	18	9,85			9,85	397,15	
		4	3/4	9	1	9	7,15	0,30		7,45	150,19	
		4	3/4	9	1	9	2,65	0,30		2,95	59,47	
		2	1/2	99	1	99	0,32	0,52	0,12	1,92	188,18	
		2	3/8	269	1	269	0,32	0,52	0,10	1,88	283,20	
		6	3/8	736	1	736	0,52	0,10		0,72	296,76	
C3A (0.50X0.70)		4	7/8	10	1	10	3,95	0,35		4,30	130,72	12,95
		4	7/8	10	1	10	7,90	0,35		8,25	250,80	
		3	7/8	10	1	10	9,65			9,65	293,36	
		3	7/8	18	1	18	10,35			10,35	566,35	
		3	3/4	24	1	24	9,85			9,85	529,54	
		4	3/4	8	1	8	7,15	0,30		7,45	133,50	
		4	3/4	8	1	8	2,65	0,30		2,95	52,86	
		2	1/2	368	1	368	0,42	0,62	0,12	2,32	845,22	
		6	3/8	467	1	467	0,62	0,10		0,82	214,45	
		6	1/2	198	1	198	0,42	0,12		0,66	129,37	
	6	3/8	637	1	637	0,42	0,10		0,62	221,17		

Apéndice S Detallado del figurado para los muros, proyecto Edic UIS

CANTIDADES MUROS												
FORMA	1		2		3		4		5		6	
ELEMENTO	MARCA	FORMA	DIAMETRO PULGADAS	Nº BARRAS ELEMENTO	Nº ELEMENTOS	Nº TOTAL DE BARRAS	LONGITUD PARCIAL (m)			LONGITUD TOTAL (m)	PESO TOTAL (kg)	VOLUMEN CONCRETO (m3)
							A	B	C			
M2 (10.12x0.30)		3	5/8	36	1	36	5,10			5,10	284,95	78,48
		3	1/2	36	1	36	4,95			4,95	176,42	
		3	3/8	72	1	72	4,95			4,95	199,58	
		4	3/8	36	1	36	4,45	0,15		4,60	92,74	
		4	3/4	28	1	28	4,45	0,30		4,75	297,92	
		3	3/8	324	1	324	2,50			2,50	453,60	
		3	1/2	270	1	270	2,50			2,50	668,25	
		2	1/2	359	1	359	1,00	0,26	0,10	2,72	966,72	
		2	1/2	359	1	359	0,91	0,26	0,10	2,54	902,74	
		1	1/2	359	1	359	0,26	1,51	0,10	3,28	1165,74	
		1	1/2	359	1	359	0,26	1,24	0,10	2,74	973,82	
		6	3/8	10392	1	10392	0,26	0,10		0,46	2676,98	
		3	3/8	144	1	144	3,30			3,30	266,11	
		6	3/8	672	1	672	0,26	0,10		0,46	173,11	
		2	3/4	24	1	24	0,90	0,10		2,00	107,52	
		2	5/8	24	1	24	0,90	0,10		2,00	74,50	
		2	1/2	12	1	12	0,90	0,10		2,00	23,76	
		2	3/8	36	1	36	0,90	0,10		2,00	40,32	
M6 (10.12x0.30)		1	5/8		1	0	2,25	0,25		2,75	0,00	92,10
		1	5/8		1	0	2,25	0,25		2,75	0,00	
		4	5/8	106	1	106	7,20	0,25		7,45	1225,61	
		3	5/8	452	1	452	5,20			5,20	3647,82	
		3	5/8	20	1	20	5,10			5,10	158,30	
		3	1/2	34	1	34	4,10			4,10	138,01	
		3	1/2	34	1	34	4,95			4,95	166,62	
		3	3/8	5	1	5	4,95			4,95	13,86	
		4	3/8	24	1	24	4,45	0,15		4,60	61,82	
		3	5/8	10	1	10	4,95			4,95	76,82	
		4	5/8	40	1	40	4,45	0,25		4,70	291,78	
		4	5/8	20	1	20	4,37	0,25		4,62	143,40	
		3	3/8	626	1	626	2,30			2,30	806,29	
		2	3/8	397	1	397	0,95	0,26		2,42	538,01	
		2	3/8	397	1	397	1,02	0,26		2,56	569,14	
		1	3/8	397	1	397	0,26	1,59		3,44	764,78	
		1	3/8	397	1	397	0,26	1,35		2,96	658,07	
		6	3/8	15324	1	15324	0,26	0,10		0,46	3947,46	
	3	3/8	144	1	144	3,30			3,30	266,11		
	6	3/8	1288	1	1288	0,26	0,10		0,46	331,79		
	2	5/8	104	1	104	0,90	0,10		2,00	322,82		
	2	1/2	24	1	24	0,90	0,10		2,00	47,52		
	2	3/8	12	1	12	0,90	0,10		2,00	13,44		