

**PROPUESTA DE SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJO EN ALTURAS  
DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES**

**GERMAN CAMILO PARRA BALLESTEROS**

**Cód. 2101865**

**JEFFREY JOSÉ GUEVARA CORZO**

**Cód. 2101873**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2015**

**PROPUESTA DE SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJO EN ALTURAS  
DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES**

**GERMAN CAMILO PARRA BALLESTEROS**

**Cód. 2101865**

**JEFFREY JOSÉ GUEVARA CORZO**

**Cód. 2101873**

**Trabajo de grado para optar por el título de  
Ingeniero Civil**

**M.Sc. Leocadio Rico Pradilla**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2015**

## DEDICATORIA

*A dios por brindarme la sabiduría para desarrollar este proyecto*

*A mis padres por el apoyo brindado*

*A mis profesores, que me motivaron en la investigación*

*JEFFREY JOSÉ GUEVARA CORZO*

## DEDICATORIA

*A dios por brindarme la sabiduría para desarrollar este proyecto*

*A mis padres por el apoyo brindado*

*A mis profesores, que me motivaron en la investigación*

**GERMÁN CAMILO PARRA BALLESTEROS**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al Ing. José Valdemar Molina y la Ing. Paola Molina, por su colaboración en la construcción y desarrollo de los sistemas*

*A la constructora Pro Urbe S.A. por su colaboración en el desarrollo del proyecto*

*Al arquitecto Daniel Casanova por la colaboración y asesoría brindada en el desarrollo del proyecto.*

*JEFFREY JOSÉ GUEVARA CORZO  
GERMÁN CAMILO PARRA BALLESTEROS*

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	17
1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....	18
2. OBJETIVOS.....	20
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
3. METODOLOGIA .....	21
4. MARCO TEORICO .....	23
4.1. LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA .....	23
4.1.1. Estadísticas nacionales sobre la accidentalidad y las muertes en la construccion .....	26
4.2. PROCESO CONSTRUCTIVO PARA UNA EDIFICACION .....	31
4.2.1. Sistemas estructurales usados en Colombia.....	31
4.2.2. Sistemas constructivos usados en colombia .....	33
4.3. WBS .....	38
4.3.1. Creación de la WBS.....	39
4.4. FACTORES DE RIESGO PARA TRABAJO EN ALTURAS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES. ....	40
4.4.1. Definición .....	40
4.4.2. Identificación de peligros y valoración del riesgo .....	41
4.5. PROPUESTAS DE SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJO EN ALTURAS 47	
4.5.1. Clasificación de sistemas de seguridad para trabajo en alturas .....	47
5. PROPUESTA DE SISTEMAS DE SEGURIDAD .....	53
6. DISEÑO SISTEMAS DE SEGURIDAD .....	54

<b>6.1. BARANDA .....</b>	<b>54</b>
<b>6.2. RED DE SEGURIDAD SISTEMA T .....</b>	<b>56</b>
<b>6.3. PUNTO DE ANCLAJE .....</b>	<b>58</b>
<b>7. EVALUACION DEL SISTEMA DE SEGURIDAD PROPUESTO TIPO RED T .....</b>	<b>60</b>
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>CITAS .....</b>	<b>64</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>69</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clases de riesgos.....	23
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de peligros o factores de riesgo. ....	42
<b>Tabla 3.</b> Determinación del nivel de consecuencia (NC). ....	44
<b>Tabla 4.</b> Determinación del nivel de deficiencia. (ND).....	44
<b>Tabla 5.</b> Determinación del nivel de exposición (NE). ....	45
<b>Tabla 6.</b> Significado del nivel de probabilidad (NP). ....	46
<b>Tabla 7.</b> Significado del nivel de riesgo (NR). ....	46
<b>Tabla 8.</b> Aceptabilidad del riesgo. ....	47
<b>Tabla 9.</b> Medidas de prevención contra caídas en alturas.....	50
<b>Tabla 10.</b> Clasificación de redes de seguridad.....	51
<b>Tabla 11.</b> Parámetros de diseño para baranda. ....	54

## LISTA ANEXOS

<b>ANEXO A.:</b> WBS de sistema constructivo tipo mampostería confinada - pórtico.....	69
<b>ANEXO B.:</b> Matriz de peligros y riesgos .....	73
<b>ANEXO C.:</b> Diseño de la baranda.....	98
<b>ANEXO C.1.:</b> Memorias de calculo, baranda fija.....	98
<b>ANEXO C.2.:</b> Planos constructivos de la baranda .....	98101
<b>ANEXO C.2.1.:</b> Plano No.1 .....	98101
<b>ANEXO C.2.2.:</b> Plano No.2 .....	98102
<b>ANEXO C.3.:</b> Manual de instrucciones de la baranda.....	98103
<b>ANEXO D.:</b> Diseño de la red de seguridad, sistema t .....	106
<b>ANEXO D.1.:</b> Memorias de calculo red de seguridad, sistema t.....	106
<b>ANEXO D.2.:</b> Planos constructivos red de seguridad sistema t.....	10612
<b>ANEXO D.3.:</b> Manual de instrucciones red de seguridad, sistema t .....	10613
<b>ANEXO E.:</b> Diseño punto de anclaje .....	118
<b>ANEXO E.1.:</b> Memorias de calculo punto de anclaje.....	118
<b>ANEXO E.2.:</b> Planos constructivos, punto de anclaje .....	11826
<b>ANEXO E.3.:</b> Manual de instrucciones, punto de anclaje .....	11827
<b>ANEXO F.:</b> Registro fotográfico. ....	129

## LISTA DE GRAFICAS

<b>Grafico 1.</b> Número de accidentes de trabajo por actividades económicas de clase de riesgo 5. ....	26
<b>Grafico 2.</b> Número de muertes por accidentes de trabajo por actividades económicas con clase de riesgo 5. ....	27
<b>Grafico 3.</b> Número de accidentes de trabajo por cada 100 trabajadores por actividades económicas con clase de riesgo 5. ....	28
<b>Grafico 4.</b> Distribución de la cantidad de accidentes en actividades económicas de construcción con clase de riesgo 5 del año 2014. ....	29
<b>Grafico 5.</b> accidentes de construcción - mecanismos de accidente .....	30
<b>Grafico 6.</b> Sistemas constructivos de edificaciones usados en Colombia por porcentaje de área nueva de edificaciones. ....	34

## LISTA DE FIGURAS

<b>Fig. 1.</b> Sistemas estructurales de resistencia sísmica. ....	33
<b>Fig. 2.</b> sistema constructivo mampostería confinada - pórticos. elemento tipo viga y columna en concreto reforzado.....	36
<b>Fig. 3.</b> Sistema constructivo mampostería confinada - pórticos. Detalle elemento tipo columna en estructura metálica. ....	36
<b>Fig. 4.</b> Sistema constructivo mampostería estructural. ....	37
<b>Fig. 5.</b> Sistema constructivo prefabricado industrializado.....	37
<b>Fig. 6.</b> Jerarquía de la estructura desagregada da de trabajo, WBS. ....	39
<b>Fig. 7.</b> Redes de seguridades, sistema V .....	51
<b>Fig. 8.</b> Red de seguridad, sistema S.....	52
<b>Fig. 9.</b> Red de seguridad, sistema T.....	52
<b>Fig. 10.</b> Red de seguridad, sistema U. ....	52
<b>Fig. 11.</b> Diseño de baranda fija.....	55
<b>Fig. 12.</b> Diseño soporte vertical y brazo en obra. ....	58
<b>Fig. 13.</b> Diseño punto de anclaje. ....	60
<b>Fig. 14.</b> Modalidad de falla de los anclajes.....	61
<b>Fig. 15.</b> Ensayo dinámico para red de seguridad, sistema T.....	61



## RESUMEN

TITULO:	PROPUESTA DE SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJO EN ALTURAS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES*
AUTORES:	Germán Camilo Parra Ballesteros** Jeffrey José Guevara Corzo**
PALABRAS CLAVE	Accidentabilidad en la construcción, trabajo en alturas, sistema de seguridad, peligro, riesgo, red de seguridad, sistema constructivo, proceso constructivo.

### DESCRIPCIÓN:

La propuesta de sistemas de seguridad, tiene como objetivo dar a conocer al constructor de edificaciones un procedimiento para escoger el sistema de seguridad adecuado, basándose en la identificación de peligros y valoración de riesgos, referentes a las tareas de construcción de elementos estructurales para los principales sistemas constructivos usados en Colombia, usando la metodología descrita en la Guía Técnica Colombiana GTC-45, la cual propone una matriz de peligros y riesgos, y la Estructura Desagregada de Trabajo (EDT) para la identificación de los procesos constructivos. Toda la propuesta está basada, y cumple, la Resolución 1409 de 2012, la cual establece el Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas.

Además, se incluye el diseño de tres sistemas de seguridad propuestos para trabajo en alturas; un sistema de prevención de caídas tipo baranda, un sistema pasivo de protección de caídas (colectivo) tipo red de seguridad, y un sistema activo de protección de caídas (individual) tipo punto de anclaje. El diseño se hizo bajo los parámetros de la Resolución 1409 de 2012, y la ayuda de la Norma Europea EN, utilizando los softwares SAP2000, Solidwork y Ansys, para el modelamiento. Se generaron planos constructivos de los sistemas, memorias de cálculo y manual de instrucciones para su correcta instalación y funcionamiento en obra. Finalmente, se evalúa el sistema pasivo de protección tipo red de seguridad, por medio de un ensayo dinámico descrito en la norma UNE-EN 1263-1.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de ingeniería civil. Director. Leocadio Rico Pradilla, Ing. Civil, M.Sc.



## ABSTRACT

**TITLE:** PROPOSAL FOR SECURITY SYSTEMS FOR HIGH-RISE WORK DURING CONSTRUCTION PROCESS OF BUILDINGS\*

**AUTHORS:** Germán Camilo Parra Ballesteros\*\*  
Jeffrey José Guevara Corzo\*\*

**KEYWORDS** Construction accidentability, high-rise work, safety system, hazard, risk, safety net, building system, building process.

## DESCRIPTION:

The proposal of safety systems, aims to inform the builder of buildings a procedure for choosing the right safety system based on hazard identification and risk assessment HIRA, of the tasks concerning the construction of structural elements for main building systems used in Colombia, using the procedure described in the Colombian Technical Guide GTC-45, which proposes an array of danger and risks, and the Work Breakdown Structure (WBS) for the identification of the building process. The whole proposal is based on, and completely satisfies, the Resolution 1409 of 2012, which establishes the Safety Regulations for fall protection at high rise work.

It also includes the design of three proposed safety systems to high rise work; a system for preventing falls by rail, a passive fall protection system (collective) by safety net, and an active fall protection system (individual) by anchor point. The design was done under the parameters of Resolution 1409 of 2012, and the help of the European Norm EN, using the softwares SAP2000, Solidworks and Ansys, for modeling. Systems construction drawings, calculation memories, and instruction manual for proper installation and operation on site were generated. Finally, passive protection system is evaluated through a dynamic test described in UNE EN 1263-1.

---

\* Work Degree

\*\* Physical-Mechanical Engineering Faculty. Departament of Civil Engineering. Director. Leocardio Rico Pradilla, Civil Engineer, M. Sc.

## INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción ha tenido en los últimos años un crecimiento en la cantidad de accidentes laborales y muertes relacionadas con dichos accidentes. El Decreto 1295 de 1994 clasifica a la construcción como una actividad de Clase de Riesgo V, lo que significa que es considerada de Riesgo Máximo. La construcción de edificaciones y la caída de altura son la actividad económica y el mecanismo de accidente, respectivamente, que tienen el porcentaje más alto de la cantidad de accidentes generados en construcción.

El Ministerio de trabajo, por medio de la resolución 1409 de 2012, estableció el Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas, de obligatorio cumplimiento cuando exista el riesgo de caída a una altura superior a 1.5m, o cuando la obra de edificación alcance una altura superior a 1.8m. [1]

Esta propuesta de sistemas de seguridad para trabajo en alturas tiene como objetivo dar a conocer la metodología necesaria para proponer sistemas de seguridad para trabajo en alturas, buscando en primer lugar prevenir la caída, y posteriormente, protegerla.

## 1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

En el desarrollo del proceso constructivo de cualquier obra de infraestructura, se hace necesario e indispensables el uso de diferentes equipos de seguridad que salvaguarden y garanticen la seguridad de los trabajadores. A medida que se avanza en su desarrollo, varios factores como el bienestar del personal, la altura a la cual se encuentran laborando y las medidas de protección en el momento que ocurra el accidente comienzan a tomar peso tanto para el personal, como para las compañías que deben garantizar condiciones adecuadas de trabajo.

La ejecución de trabajos en alturas es algo inherente de una obra civil y está presente en gran parte de su proceso constructivo; son una de las actividades que generan los más altos índices de accidentabilidad en donde Colombia no es la excepción. En el año 2012 el ministerio del trabajo expidió la resolución 1409, que tiene por objeto establecer el reglamento de seguridad para trabajo en alturas, documento que es de carácter obligatorio para empleadores, empresas, contratistas, subcontratistas y trabajadores y a pesar que existen una gran variedad de sistemas de seguridad, dispositivos y equipos de prevención y protección, las diferentes empresas y organizaciones no cumplen la resolución y omiten el uso de los mencionados sistemas de prevención y protección y por ende, el alto índice se sigue manteniendo.

El fundamento de este índice de accidentalidad debido al desarrollo del proceso constructivo está asociado, entre otros factores a:

- Falta de información acerca de sistemas de protección y prevención.
- Una selección no adecuada del sistema de protección y prevención para la actividad a desarrollar en obra.
- Una comercialización, utilización y reutilización de dichos sistemas que no cumplen con los requisitos mínimos seguridad.

Este documento tiene como finalidad proponer varios sistemas de seguridad para trabajo en alturas durante el proceso constructivo de edificaciones.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

- Definir diferentes sistemas de seguridad en alturas usados durante el proceso constructivo de edificaciones

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar los diferentes tipos de procesos constructivos para una edificación.
- Identificar los posibles factores de riesgo de caída durante el proceso constructivo de una edificación.
- Proponer sistemas de seguridad para trabajo en alturas de tipo individual y colectivo para el proceso constructivo de placas de entrepiso, muros y columnas.
- Diseñar sistemas de seguridad para trabajo en alturas propuestos tipo baranda, red y sistema individual.
- Construir y evaluar el sistema de seguridad para trabajo en alturas propuesto tipo red.

### 3. METODOLOGIA

- Fase 1: Revisión bibliográfica

Descripción: Lectura de la legislación actual, consulta de documentos, catálogos y artículos.

- Fase 2: Identificación de los procesos constructivos para una edificación

Descripción: Estudio del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 con el fin de identificar los diferentes Sistemas Estructurales que se presentan en el país y determinar cuáles son los procesos constructivos más comunes.

- Fase 3: Identificar los posibles factores que pueden ocasionar una caída en el proceso constructivo de una edificación.

Descripción: Dependiendo del proceso constructivo de la edificación, identificar los factores que pueden ocasionar una caída.

- Fase 4: Proponer sistemas de seguridad para trabajo en alturas para edificaciones

Descripción: Formular sistemas de seguridad para trabajo en alturas teniendo en cuenta factores como el proceso constructivo de la edificación, los posibles factores de riesgo de caída y el elemento estructural a construir.

- Fase 5: Diseño de los sistemas de seguridad para trabajo en altura

Descripción: Generación de cálculos estructurales y planos estructurales de los sistemas de seguridad para trabajo en alturas tipo baranda, red y sistema individual.

- Fase 6: Construcción y evaluación de un sistema de seguridad para trabajo en altura

Descripción: Construir y evaluar por medio de pruebas de impacto el sistema de seguridad para trabajo en alturas tipo red.

- Fase 7: Análisis de resultados

Descripción: Se concluye acerca de los resultados obtenidos.

- Fase 8: Aprobación y exposición del proyecto

Descripción: Elaboración de un trabajo escrito tipo artículo que contenga la descripción y resultado del trabajo realizado. Exposición del proyecto al público.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1. LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA

La construcción de edificaciones es una de las actividades económicas que ha tenido en los últimos años un aumento en la cantidad de accidentes de trabajo, y de muertes asociadas a dichos accidentes.

El Decreto 1295 de 1994, Artículo 26, da una clasificación de las actividades económicas según la clase de riesgo que representa para el trabajador.

**Tabla 1.** Clases de riesgos.

CLASE I	RIESGO MÍNIMO
CLASE II	RIESGO BAJO
CLASE III	RIESGO BAJO
CLASE IV	RIESGO ALTO
CLASE V	RIESGO MÁXIMO

**Fuente:** Decreto 1295 de 1994, Artículo 26.

Las actividades económicas referentes a construcción de edificaciones se encuentran clasificadas dentro de la clase de riesgo 5, por lo que son consideradas de riesgo máximo.

Dentro de las estadísticas nacionales, en los últimos años, se ha visto un aumento en la cantidad de accidentes y muertes en las actividades económicas de construcción, con respecto a las demás actividades clasificadas en la misma clase de riesgo.

Clasificación de actividades económicas con clase de riesgo 5:

- Administración pública y defensa: Actividades relacionadas con defensa, policía y protección civil, bomberos, y servicios de protección prestados por jurisdicción penal.

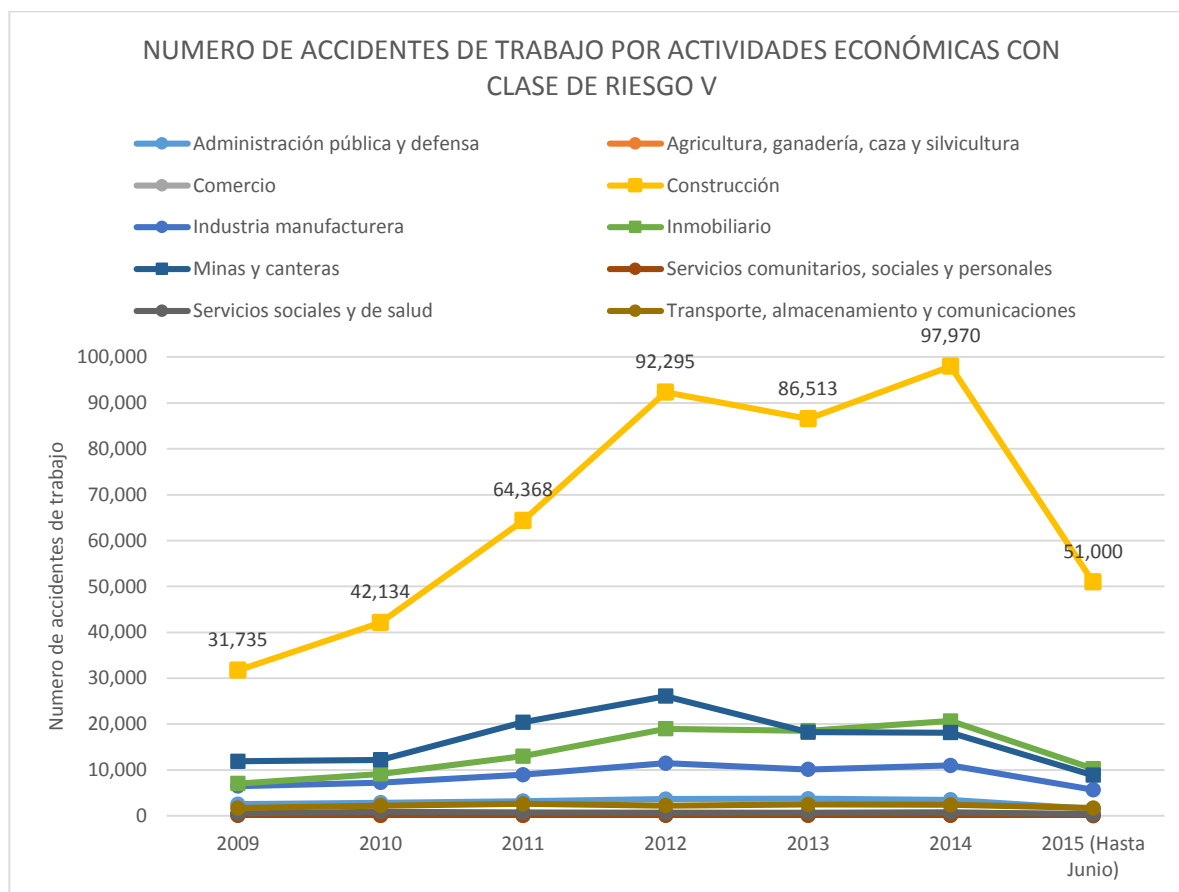
- Agricultura, ganadería, caza y silvicultura: Actividades de producción agrícola industrial como caucho natural o sintético, y servicios de fumigación o fertilización por medio de aviones.
- Comercio: Actividades relacionadas al comercio al por mayor con productos químicos, y pirotecnia y/o cohetería. Actividades relacionadas al comercio al por menor de pirotecnia y/o cohetería. Actividades relacionadas con el mantenimiento, reparación o instalación de aparatos de rayos X o material radiactivo.
- Construcción: Actividades de demolición y excavación para construcción de edificaciones, preparación de terrenos para obras civiles, construcción de edificaciones para uso residencial, construcción de edificaciones para uso no residencial, montaje y/o reparación de oleoductos, instalaciones hidráulicas, instalación de equipos para habilitar edificaciones y obras civiles, otros trabajos de acondicionamiento, instalación de vidrios y ventanas, y otros trabajos de terminación y acabados.
- Industria manufacturera: Actividades que incluyen la fabricación de fibra de vidrio, aserraderos, fabricación y montaje de carpintería para construcciones, fabricación de productos de hornos de coque, refinerías, elaboración de productos derivados del petróleo fuera de refinerías, elaboración de combustible nuclear, fabricación de sustancias químicas básicas, fabricación de plásticos en formas primarias, fabricación de caucho sintético y gomas, fabricación de plaguicidas, fabricación de explosivos, fabricación de vidrio, fabricación de cemento, fabricación de productos de hormigón, talla de piedra, fabricación de productos minerales no metálicos, fundición de hierro, acero y metales no ferrosos, fabricación de productos metálicos para uso estructural, construcción de torres de petróleo, funiculares y cables aéreos, fabricación de generadores de vapor, plantas de laminación, limpieza con chorro de arena, fabricación de cajas fuertes, fabricación de motores y turbinas, fabricación de grifos y válvulas, fabricación de maquinaria pesada, fabricación de equipo de elevación y manipulación, fabricación de otro tipo

de maquinaria, fabricación de maquinaria para la metalurgia, fabricación de maquinaria para la explotación de minas, fabricación de armas y municiones, fabricación de equipo médico y quirúrgico, construcción y reparación de embarcaciones, y reciclaje de desperdicios y desechos metálicos.

- Inmobiliario: Actividades inmobiliarias realizadas con bienes propios o arrendados, alquiler de maquinaria y equipo de construcción, actividades de arquitectura, ingeniería y asesoramiento técnico, ensayos y análisis técnicos, actividades de investigación y seguridad, y limpieza exterior de edificios.
- Minas y canteras: Actividades de extracción y aglomeración de carbón de piedra, carbón lignítico, y turba. Extracción de petróleo crudo, gas natural, minerales de uranio y de torio, mineral de hierro, metales preciosos, minerales de níquel, otros minerales metalíferos no ferrosos, piedra, arena, arcillas, yeso, anhidrita, caolín, bentonitas, gravas, caliza, dolomita, halita, esmeraldas, otras piedras preciosas, y minerales no metálicos.
- Servicios comunitarios, sociales y personales: Actividades referentes a museos y preservación de lugares. Actividades deportivas como toreo, paracaidismo, corredores de automotores, alpinistas, buceadores, boxeadores y motociclistas.
- Servicios sociales y de salud: Actividades de prestación de servicios de salud con radiodiagnósticos, y actividades de apoyo terapéutico.
- Transporte, almacenamiento y comunicaciones: Actividades de transporte de tuberías, cargue y descargue de embarcaciones, almacenamiento de sustancias químicas, gas, petróleo y explosivos, estaciones de transporte acuático, y técnicos aeronáuticos.

#### 4.1.1. Estadísticas nacionales sobre la accidentalidad y las muertes en la construcción

**Grafico 1.** Número de accidentes de trabajo por actividades económicas de clase de riesgo 5.



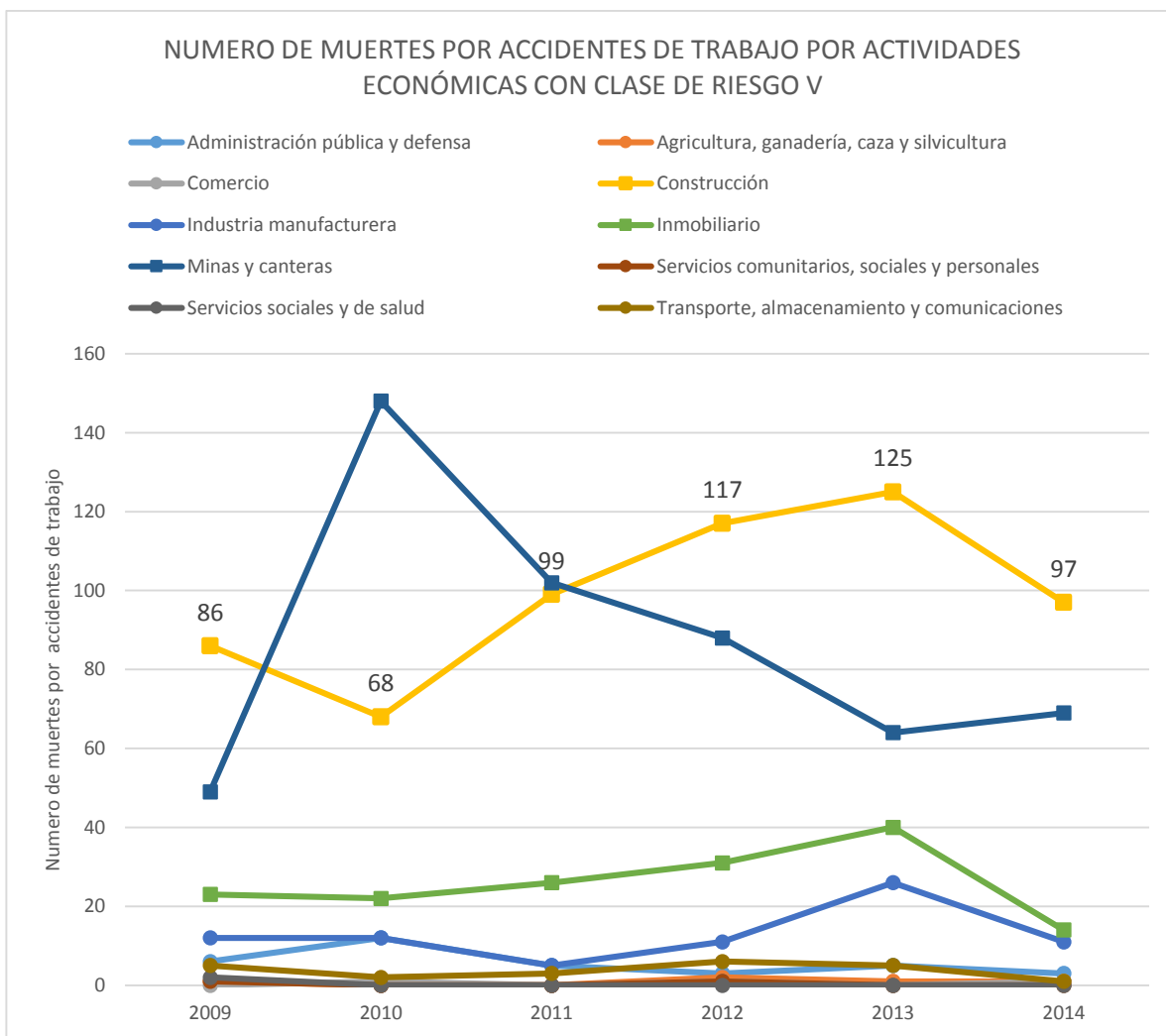
**Fuente:** *Federación de Aseguradores Colombianos FASECOLDA. Cálculos propios.*

En el Grafico 1 se puede ver la cantidad de accidentes de trabajo por actividades económicas, en el periodo comprendido entre 2009 a 2015 (Hasta Junio).

Las actividades económicas referentes a construcción son las que generar la mayor cantidad de accidentes de trabajo; además de que en el periodo entre 2009 y 2012, se triplico el número de accidentes.

Los valores de 2015 incluyen los accidentes reportados hasta junio, por lo que se espera que, a final de año, las actividades referentes a la construcción sobrepasen los 100,000 accidentes de trabajo.

**Grafico 2.** Número de muertes por accidentes de trabajo por actividades económicas con clase de riesgo 5.

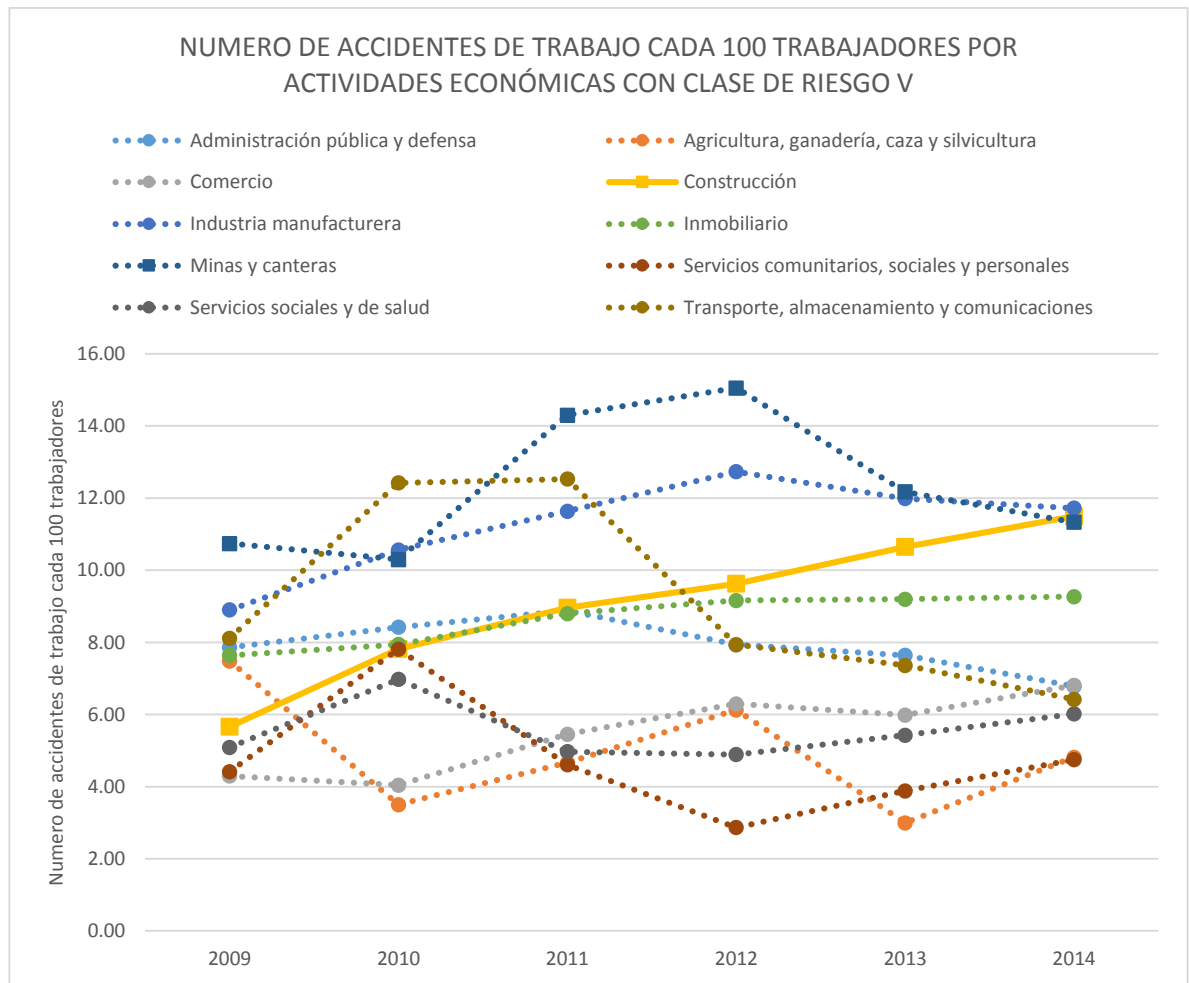


**Fuente:** Federación de Aseguradores Colombianos FASECOLDA. Cálculos propios.

Las actividades económicas de minas y canteras tenían la mayor cantidad de muertes en el año 2010, pero a partir de ese pico la cantidad de muertos ha ido

disminuyendo, generando que desde el año 2012 las actividades económicas de construcción tengan la mayor cantidad de muertos generados por accidentes de trabajo.

**Grafico 3.** Número de accidentes de trabajo por cada 100 trabajadores por actividades económicas con clase de riesgo 5.



**Fuente:** Federación de Aseguradores Colombianos FASECOLDA. Cálculos propios.

En el Grafico 3 se muestra la relación de la cantidad de accidentes, respecto a la cantidad de trabajadores en cada actividad económica. El grafico permite observar que a pensar de la gran cantidad de accidentes de trabajo que se reportan en las

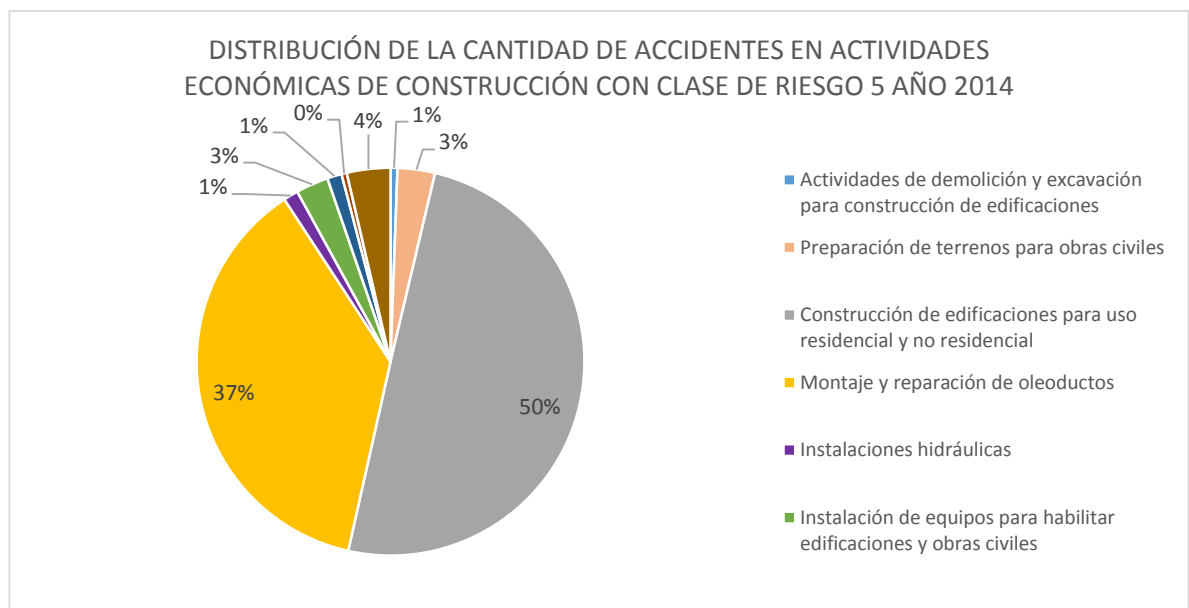
actividades económicas de construcción, esto también se debe a la cantidad de trabajadores.

Las actividades económicas de minas y canteras, e industria manufacturera, tuvieron puntos altos en el año 2012, pero a partir de ese momento se produjo un descenso en la cantidad de accidentes cada 100 trabajadores.

Por otro lado, las actividades económicas de construcción, en 2009 eran de las que menos accidentes de trabajo reportaban cada 100 trabajadores, pero con el paso de los años, ha tenido un crecimiento, llegando en 2014 al mismo nivel que las actividades económicas de minas y canteras, e industria manufacturera.

Lo preocupante es que las actividades de minas y canteras, e industria manufacturera han presentado un descenso, mientras que la construcción sigue subiendo, por lo que se espera que la construcción tenga el mayor número de accidentes de trabajo cada 100 trabajadores para el 2015.

**Grafico 4.** Distribución de la cantidad de accidentes en actividades económicas de construcción con clase de riesgo 5 del año 2014.

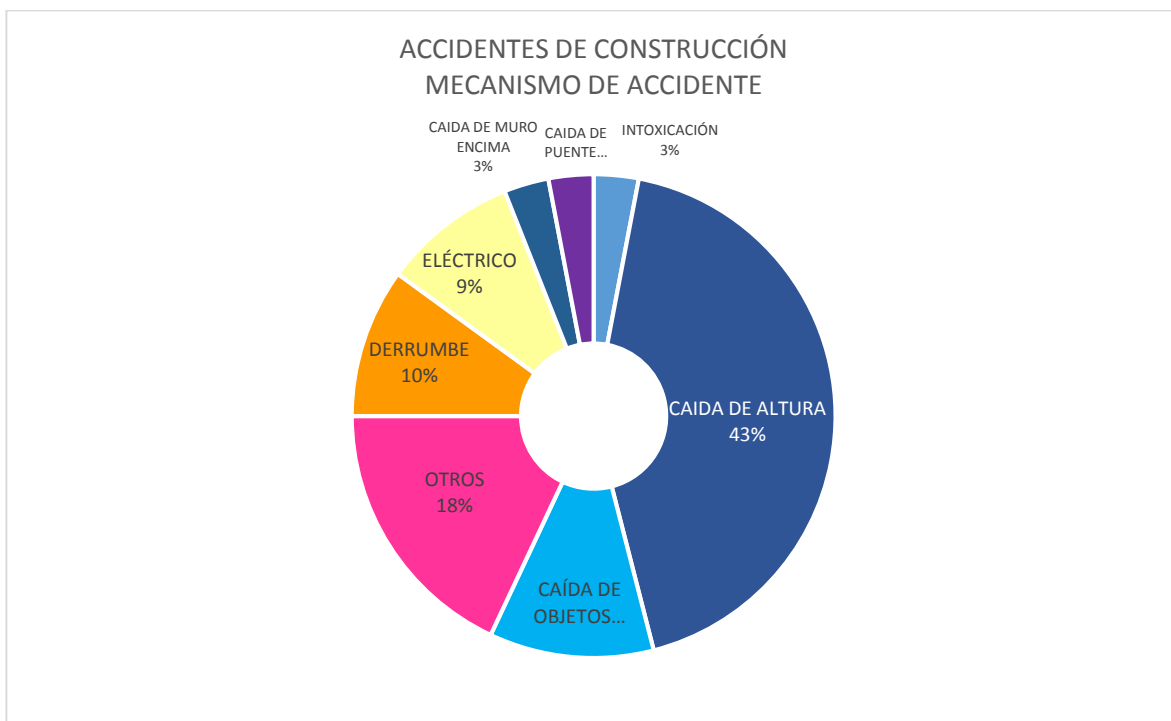


**Fuente:** Federación de Aseguradores Colombianos FASECOLDA. Cálculos propios.

Conociendo que las actividades de construcción clasificadas con clase de riesgo 5 son las que mayor número de accidentes de trabajo y muertes genera, y que la cantidad de accidentes cada 100 trabajadores se mantienen en crecimiento con el paso de los años, el Grafico 4 analiza la distribución de accidentes dentro de las actividades económicas de construcción con clase de riesgo 5.

La construcción de edificaciones para uso residencial y no residencial en el año 2014, generaron aproximadamente el 50% de los accidentes de trabajo de todas las actividades económicas de construcción con clase de riesgo 5.

**Grafico 5.** accidentes de construcción - mecanismos de accidente



**Fuente:** Revista Positiva No. 31. Positiva compañía de seguros.

En el Grafico 5 se muestra los mecanismos de accidente para la construcción. El 43% de los accidentes que son reportados dentro de actividades económicas de construcción, se deben a caída en alturas.

Dado al crecimiento en la accidentalidad en la construcción, teniendo en cuenta que gran parte de esos accidentes son reportados en construcción de edificaciones, y que la mayor causa de estos accidentes es debido a caída en altura, se crea esta propuesta de sistemas de seguridad para trabajo en alturas durante el proceso constructivo de edificaciones.

## **4.2. PROCESO CONSTRUCTIVO PARA UNA EDIFICACION**

Esta propuesta de sistemas de seguridad se debe realizar conociendo el proceso constructivo de la edificación, por tal motivo es necesario conocer que sistemas constructivos son usados actualmente en el país.

### **4.2.1. Sistemas estructurales usados en Colombia**

Para la construcción de edificaciones se pueden identificar varios sistemas constructivos, que dependen directamente de la etapa de diseño del proyecto.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, el cual es la base para el diseño estructural en Colombia, en el capítulo A.3.2 clasifica los sistemas estructurales.

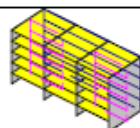

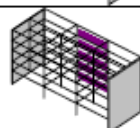

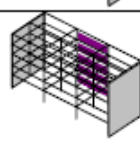
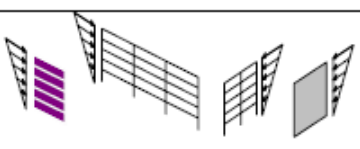
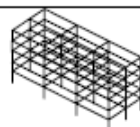
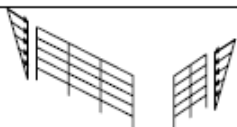
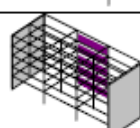

La clasificación de dichos sistemas tiene en cuenta cuales elementos estructurales se usan para resistir las cargas verticales (carga viva y carga muerta) y las cargas horizontales (carga inducida por el sismo y viento).

Clasificación de los sistemas estructurales según la NSR-10: [2]

- Sistema de muros de carga: Sistema estructural donde las cargas verticales son resistidas por muros de carga, y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales.
- Sistema combinado: Sistema estructural donde:

- Las cargas verticales son resistidas por pórticos no resistentes a momento y las cargas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales, o
- Las cargas verticales y horizontales son resistidas por pórticos resistentes a momento combinado con muros estructurales o pórticos con diagonales.
- Sistema de pórtico: Las cargas verticales y horizontales son resistidas por pórticos espaciales resistentes a momentos.
- Sistema dual: Es un sistema estructural, que al igual que el segundo caso del sistema combinado, las cargas verticales y horizontales son resistidas por pórticos resistente a momento combinados con muros estructurales o pórticos con diagonales, pero que debe cumplir los siguientes requisitos:
  - El pórtico resistente a momentos debe ser capaz de soportar cargas verticales.
  - Las fuerzas horizontales deben ser resistidas por la combinación de muros estructurales o pórticos con diagonales, con el pórtico resistente a momentos. El pórtico resistente a momento debe diseñarse para que resista como mínimo el 25% del cortante sísmico de la base.
  - Los dos sistemas deben diseñarse para resistir el 100% del cortante sísmico de la base, pero en ningún caso la responsabilidad de los muros estructurales, o los pórticos con diagonales, puede ser menor al 75% del cortante sísmico de diseño.

**Fig. 1.** Sistemas estructurales de resistencia sísmica.

SISTEMAS ESTRUCTURALES DE RESISTENCIA SÍSMICA		
SISTEMA	CARGAS VERTICALES	FUERZAS HORIZONTALES
MUROS DE CARGA		
COMBINADO		
		
PÓRTICO		
DUAL		

**Fuente:** *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Prefacio. Apéndice I*

Toda edificación o cualquier parte de ella, debe quedar clasificada dentro de uno de los cuatro sistemas estructurales de resistencia sísmica descritos. [3]

El sistema estructural dual, debido a sus requisitos de resistencia de cortante basal, no es muy utilizado en Colombia. Además, los elementos estructurales que lo constituyen son los mismos que el sistema estructural combinado.

Por tal razón, el sistema dual no será tenido en cuenta para la clasificación de sistemas constructivos.

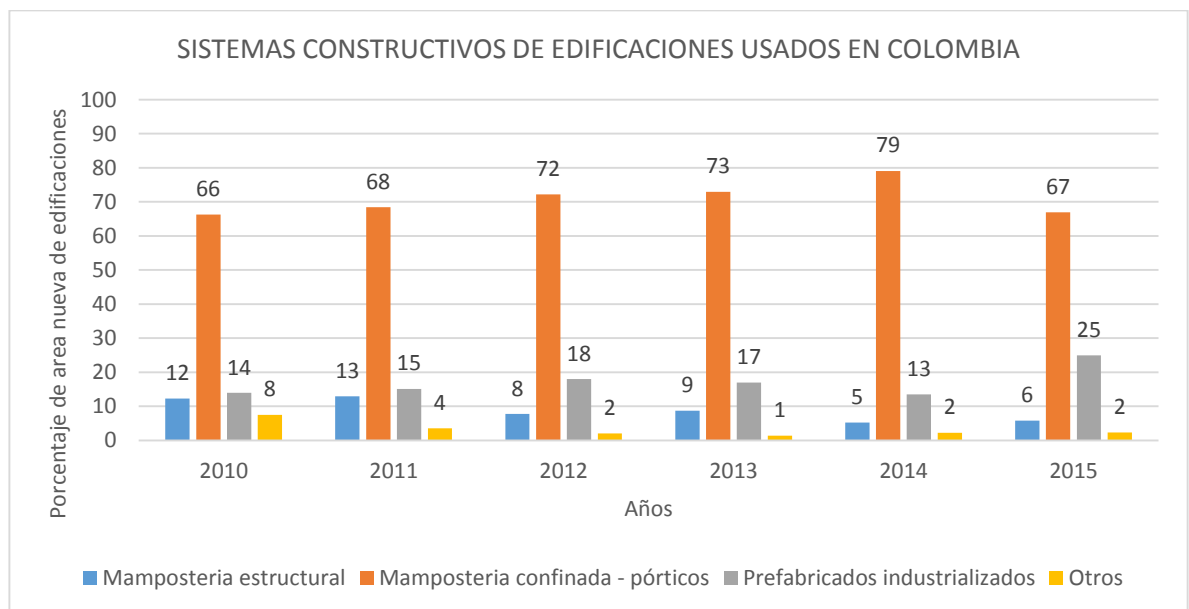
#### **4.2.2. Sistemas constructivos usados en Colombia**

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, realiza trimestralmente un censo de edificaciones, en el que se determina la cantidad de

proyectos nuevos y el área nueva de edificaciones por sistema constructivo utilizado.

El censo de hace con una muestra significativa de la construcción en el país, la cual incluye 12 áreas urbanas y 3 áreas metropolitanas.

**Grafico 6.** Sistemas constructivos de edificaciones usados en Colombia por porcentaje de área nueva de edificaciones.



**Fuente:** *Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE. Cálculos propios.*

Con el total de área nueva de edificaciones, se calculó el porcentaje de área por cada sistema constructivo, sumando 100% cada año de estudio.

Los porcentajes obtenidos en el año 2015 corresponden al primer trimestre.

Se realizó el estudio a partir del año 2010, debido a que en ese año empezó a regir el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

La clasificación que da el DANE, se divide en 4 sistemas constructivos [4]:

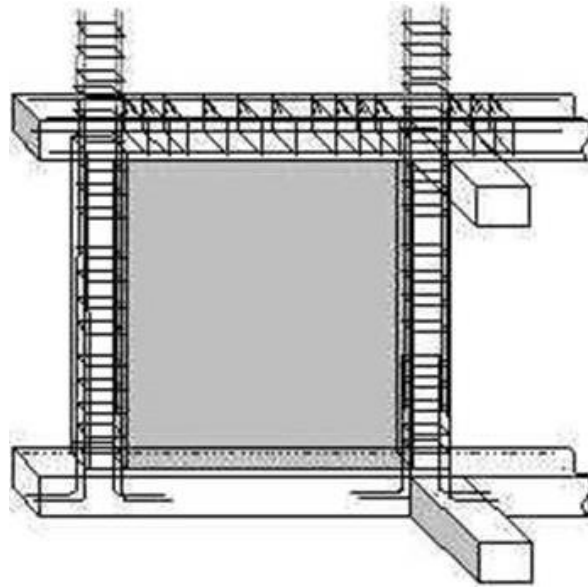
- Mampostería confinada – pórticos: También se conoce con el nombre de sistema tradicional con pórticos. Es un sistema constructivo que se realiza por medio de elementos horizontales y verticales tipo viga y columna, que

pueden ser contruidos en concreto reforzado, o en estructura metálica. Se complementan con placas de entepiso aligeradas, macizas o prefabricadas en concreto, y mampostería unida con mortero de pega que actúa como unidad de cerramientos de espacios. Este sistema constructivo se realiza para edificaciones con sistema estructural tipo pórtico.

- Mampostería estructural: Sistema constructivo que se realiza por medio de unidades de mampostería de bloques estructurales de arcilla o concreto, que tienen huecos verticales en los cuales se inserta acero embebido en una mezcla de concreto. Este sistema constructivo se realiza para edificaciones clasificadas con sistema estructural tipo muro de carga.
- Prefabricados industrializados: Es un sistema estructural que se destaca por su rapidez y calidad. Se realiza por medio de placas de entepiso macizas, y muros en concreto. El vaciado del concreto se realiza por medio de formaletas moduladas que son ensambladas por medio de anclajes pegantes, selladores o elementos de fijación. Este sistema constructivo se realiza para edificaciones con sistema estructurales tipo muro de carga.
- Otros: El DANE clasifica dentro del grupo de este grupo a los sistemas constructivos basados en guadua, adobe, prefabricación ligera, elementos metálicos con aislamientos especiales, polimuros, entre otros.

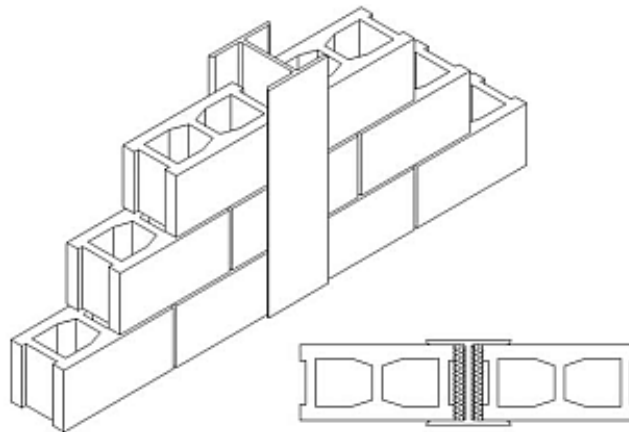
Para la construcción de una edificación con sistema estructural tipo combinado, se pueden combinar los sistemas constructivos descritos anteriormente.

**Fig. 2.** sistema constructivo mampostería confinada - pórticos. elemento tipo viga y columna en concreto reforzado.



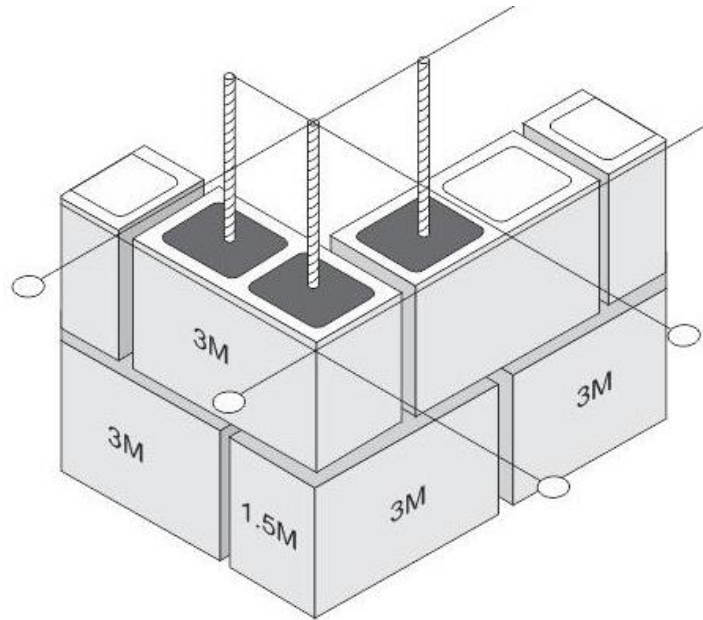
**Fuente:** *www.datateca.unad.edu.co. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Lección 17 Mampostería confinada.*

**Fig. 3.** Sistema constructivo mampostería confinada - pórticos. Detalle elemento tipo columna en estructura metálica.



**Fuente:** *www.construmatica.com. Construpedia. Diseño Edificios con Muros Confinados.*

**Fig. 4.** Sistema constructivo mampostería estructural.



**Fuente:** [www.pc.cr](http://www.pc.cr). Productos de concreto. Bloques de mampostería.

**Fig. 5.** Sistema constructivo prefabricado industrializado.



**Fuente:** [www.procedimientosconstruccion.blogs.upv.es](http://www.procedimientosconstruccion.blogs.upv.es). Universidad Politécnica de Valencia. Cimbras, andamios y encofrados. Medidas de seguridad durante desencofrado.

El sistema constructivo de mampostería confinada es el de mayor uso en el país, estando en los últimos años con un valor por encima del 65% del área nueva de edificaciones.

Le sigue el sistema constructivo de prefabricados industrializados, el cual ha tenido un crecimiento en los últimos años debido a su rapidez y calidad a la hora de llevar a cabo la construcción de una edificación.

En tercer lugar, se encuentra el sistema constructivo de mampostería estructural, que ha tenido una disminución en su uso en los últimos años, llegando a estar desde el 2012 por debajo del 10% del área nueva de edificación. Esto en parte se debe a que este sistema constructivo no recomienda su uso en edificaciones de gran tamaño.

Por último, el uso de otros sistemas constructivos, a partir de la implementación de la NSR-10, estuvo entre el 4% y el 1%.

Debido al poco uso de otros sistemas constructivos, estos no se tendrán en cuenta al momento de proponer sistemas de seguridad para trabajo en alturas.

### **4.3. WBS**

La estructura desagregada de trabajo o EDT, conocida por sus siglas en inglés WBS o work breakdown structure, es una herramienta de la gerencia de proyectos cuya función es representar de una forma organizada y simple el trabajo o las tareas que se requieren para desarrollar un proyecto.

El uso de la WBS es de gran utilidad para descomponer el proyecto en sus distintos componentes, lo que facilita la comprensión y el control de cada actividad, lo que en un proyecto de construcción, sería la identificación, comprensión y control, de todos los procesos constructivos, para finalmente cumplir los objetivos que sería la entrega del proyecto de construcción.

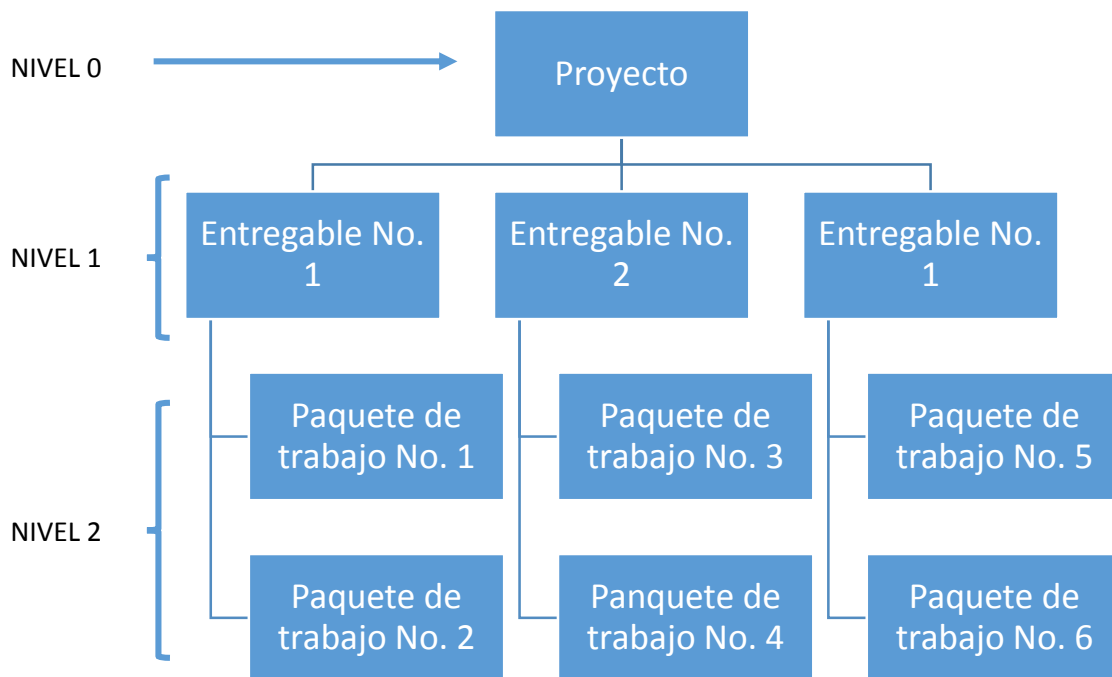
### 4.3.1. Creación de la WBS

Crear la WBS de un proyecto es subdividir los entregables, actividades, tareas o trabajos que conforman el proyecto en componentes más pequeños o denominados paquetes de trabajo, que se encuentran organizados en diferentes niveles, de manera que se vuelve más fácil comprender y controlar, ya que se presenta una visión más estructurada y organizada del mismo.

La WBS es una estructura organizada de manera jerárquica: el elemento en la parte superior de la estructura (nivel 0) representa la totalidad del proyecto, a medida que se desciende en la estructura (nivel 1 y 2) se desglosa el proyecto en componentes y subcomponentes denominados entregables y paquetes de trabajo, que representan de una forma más detallada los procesos

correspondientes al desarrollo del proyecto.

**Fig. 6.** Jerarquía de la estructura desagregada de trabajo, WBS.



En la creación de una WBS es importante tener en cuenta los siguientes principios [5]:

- Cada elemento de la WBS representa una única entrega tangible.
- Entregables incluye tanto productos finales e intermedios que se requieren para crear los resultados finales
- Entregables incluyen elementos intangibles, como la información, administración, formación, gestión de procesos, etc.
- Entregables son únicos.
- Cada elemento de la WBS pertenece a un único elemento padre (principal)
- El conjunto de elementos secundarios (nivel 2) en el que un elemento primario (nivel 1) se descompone, incluye todas las actividades contenidas del elemento primario (nivel 1), de modo que la regla del 100% es aplicable
- La WBS se debe representar en una forma en la que se aprecie claramente la estructura jerárquica de las actividades.
- No es necesario de tener todos los paquetes de trabajo en el mismo nivel.
- La WBS es un proceso iterativo.

#### **4.4. FACTORES DE RIESGO PARA TRABAJO EN ALTURAS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES.**

##### **4.4.1. Definición**

El ministerio de trabajo, por medio del Decreto 1443 de 2014 dicta las disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Además, define como peligro, toda situación o acto con potencial de causar daño en la salud de los trabajadores; y riesgo, como la combinación de la probabilidad de que ocurra una o más exposiciones o eventos peligrosos y la severidad del daño que puede ser causado por éstos. [6]

Dadas las definiciones de riesgo y peligro, se entiende que un riesgo es generado por alguna situación o acto denominado peligro o factor de riesgo.

La identificación de Peligros, Evaluación y Valoración de los Riesgos hace parte del SG-SST según el Decreto 1443 en el artículo 15, y es una metodología que se realiza con el fin de que los riesgos puedan ser priorizados y se pueda establecer los controles necesarios. [7]

#### **4.4.2. Identificación de peligros y valoración del riesgo**

Para identificar los peligros presentes en los procesos constructivos de edificaciones, se siguió la metodología planteada en la Guía Técnica Colombiana 45 (GTC 45), la cual es una guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional.

La GTC 45 plantea una matriz de peligros y riesgos, en la cual dependiendo de la actividad a realizar y del peligro existente en dicha actividad, se calculan niveles que permiten valorar el riesgo.

La matriz de peligros y riesgos necesita como información de entrada, los procesos, actividades y tareas, las cuales deben ir agrupadas de manera racional y manejable. Dichos procesos, actividades y tareas están representados en la EDT, siendo las tareas los elementos del nivel más bajo, las actividades la del nivel intermedio (si existe), y los procesos los entregables del primer nivel.

La identificación de peligros se debe hacer de acuerdo a la clasificación que da la GTC 45 que se puede observar en la Tabla 2, y se debe describir el peligro por medio del acto o la condición de inseguridad que genera la tarea. La condición insegura está relacionada con el medio de trabajo, mientras que el acto inseguro se relaciona con la conducta del trabajador.

**Tabla 2.** Clasificación de peligros o factores de riesgo.

Descripción	Clasificación					
	Biológico	Físico	Químico	Psicosocial	Biomecánicos	Condiciones de seguridad
Virus	Ruido	Polvos orgánicos inorgánicos	Gestión organizacional	Postura	Mecánico	Sismo
Bacterias	Iluminación	Fibras	Características de la organización del trabajo	Esfuerzo	Eléctrico	Terremoto
Hongos	Vibración	Líquidos	Características del grupo social de trabajo	Movimiento repetitivo	Locativo	Vendaval
Rickettsias	Temperaturas extremas	Gases y vapores	Condiciones de la tarea	Manipulación manual de cargas	Tecnológico	Inundación
Parásitos	Presión atmosférica	Humos metálicos, no metálicos	Interfase persona - tarea		Accidentes de tránsito	Derrumbe
Picaduras	Radiaciones ionizantes	Material particulado	Jornada de trabajo		Públicos	Precipitaciones
Mordeduras	Radiaciones no ionizantes				Trabajo en alturas	
Fluidos o excrementos					Espacios confinados	

**Fuente:** GTC 45.

Durante la realización de trabajos en altura, se pueden generar dos clases de peligros, el Locativo por el riesgo de caída de objetos desde donde se realiza el trabajo, y Trabajo en alturas por el riesgo de caída que presenta el trabajador.

Se debe determinar cuál será el efecto posible que generará el peligro identificado, teniendo en cuenta cual será la consecuencia a corto plazo. Por ejemplo, un acto

inseguro durante el trabajo en altura es el manejo inadecuado de materiales y herramientas, el cual se puede clasificar como un factor de riesgo locativo, dado que su efecto posible o riesgo, es la caída de material o herramienta a diferente nivel.

Para realizar la valoración del riesgo, es necesario saber cuáles son los controles existentes en la tarea de estudio. Los controles existentes pueden estar presentes en la fuente del peligro, en el medio donde se presenta el peligro, o en el individuo que está realizando la tarea donde se presenta el peligro.

Los controles que están presentes en la fuente del peligro, son los que eliminan el peligro o lo sustituyen. Para trabajo en alturas la única forma de eliminar el peligro es no realizando la tarea, y de sustituirlo es ejecutar la tarea sin necesidad de realizar trabajo en alturas; por lo tanto, para trabajo en alturas no vamos a tener controles en la fuente.

Los controles que están presentes en el medio, son lo que previenen o protegen la caída de manera colectiva. Dentro de estos controles podemos encontrar barandas, redes de seguridad y capacitaciones, entre otros.

Finalmente, los controles que están presentes en el individuo, son los que previenen o protegen la caída de manera individual. Dentro de estos controles se encuentran los elementos de protección personal, puntos de anclaje, líneas de vida y exámenes médicos, entre otros.

La valoración del riesgo determina la aceptabilidad de este o no, dependiendo del efecto posible que causa el peligro, y de los controles existentes.

Del efecto posible se determina el valor del Nivel de consecuencia (NC) que se define como la medida de la severidad de las consecuencias [8], y su valor se establece con la Tabla 3.

**Tabla 3.** Determinación del nivel de consecuencia (NC).

Nivel de consecuencia	Valor de NC	Significado (Daños personales)
Mortal o Catastrófico (M)	100	Muerte(s).
Muy grave (MG)	60	Lesiones o enfermedades graves irreparables (Incapacidad permanente, parcial o invalidez).
Grave (G)	25	Lesiones o enfermedades con incapacidad laboral temporal (ILT).
Leve (L)	10	Lesiones o enfermedades que no requieren incapacidad.

**Fuente:** GTC 45.

De los controles existentes, se determina el Nivel de deficiencia (ND), que se define como la magnitud de la relación entre el conjunto de peligros detectados y su relación causal directa con posibles incidentes, y la eficacia de las medidas preventivas existentes en el lugar de trabajo [8]. Su valor se determina con la Tabla 4.

**Tabla 4.** Determinación del nivel de deficiencia. (ND).

Nivel de deficiencia	Valor de ND	Significado
Muy Alto (MA)	10	Se ha(n) detectado peligro(s) que determina(n) como posible la generación de incidentes, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo es nula o no existe, o ambos.
Alto (A)	6	Se ha(n) detectado algún(os) peligro(s) que pueden dar lugar a incidentes significativos, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es baja, o ambos.
Medio (M)	2	Se han detectado peligros que pueden dar lugar a incidentes poco significativos o de menor importancia, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderada, o ambos.
Bajo (B)	0	No se ha detectado peligro o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es alta, o ambos. El riesgo está controlado. Estos peligros se clasifican directamente en el nivel de riesgo (NR) cuatro (IV).

**Fuente:** GTC 45.

El tiempo al que el trabajador está expuesto al peligro durante la tarea que realiza, se determina el Nivel de exposición, cuyo valor se obtiene de la Tabla 5.

**Tabla 5.** Determinación del nivel de exposición (NE).

Nivel de exposición	Valor de NE	Significado
Continua (EC)	4	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral.
Frecuente (EF)	3	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	La situación de exposición se presenta alguna vez durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto.
Esporádica (EE)	1	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

**Fuente:** GTC 45.

Conociendo los niveles descritos anteriormente, se calcula el Nivel de Probabilidad (NP) y el Nivel de riesgo (NR).

$$NP = ND * NE$$

$$NR = NP * NC$$

Los cuales tienen el significado descrito en la Tabla 6 y Tabla 7, respectivamente.

**Tabla 6.** Significado del nivel de probabilidad (NP).

Nivel de probabilidad	Valor de NP	Significado
Muy Alto (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continua, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.
Alto (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en la vida laboral.
Medio (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez.
Bajo (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.

**Fuente:** GTC 45.

**Tabla 7.** Significado del nivel de riesgo (NR).

Nivel de riesgo	Valor de NR	Significado
I	4000-600	Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo esté bajo control. Intervención urgente.
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control inmediato.
III	120-40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aun es aceptable.

**Fuente:** GTC 45

La valoración del riesgo se hace con el NR obtenido, como se puede observar en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Aceptabilidad del riesgo.

Nivel de riesgo	Significado	
I	No Aceptable	Situación crítica, corrección urgente.
II	No Aceptable o Aceptable con control específico	Corregir o adoptar medidas de control.
III	Mejorable	Mejorar el control existente.
IV	Aceptable	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique.

**Fuente:** GTC 45.

#### **4.5. PROPUESTAS DE SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJO EN ALTURAS**

Con la valoración del riesgo, se debe determinar si es necesario proponer sistemas de seguridad para trabajo en alturas. Cuando el riesgo es No Aceptable (NR I y II) se deben proponer nuevos sistemas. Con un riesgo Mejorable (NR III) se debe mejorar el control existente, y con un riesgo Aceptable (NR IV) no es necesario intervenir el control existente.

##### **4.5.1. Clasificación de sistemas de seguridad para trabajo en alturas**

La clasificación de sistemas de seguridad para trabajo en alturas, sirve como una ayuda para escoger el sistema adecuado dependiendo de la tarea que se esté estudiando, cuando sea necesario proponer nuevos sistemas de seguridad.

El Decreto 1443 de 2014, el cual da las disposiciones para la implementación de un SG-SST, en el artículo 24, clasifica los sistemas de seguridad según el efecto que se tiene sobre el riesgo.

- Eliminación del peligro/riesgo: Medida que se toma para suprimir el peligro/riesgo. El control se hace en la fuente del peligro.

- Sustitución: Medida que se toma para reemplazar un peligro por otro que no genere riesgo, o que genere un riesgo con un NR menor. El control se hace en la fuente del peligro
- Controles de ingeniería: Medidas técnicas para el control del peligro/riesgo en el medio.
- Controles administrativos: Medidas que tienen como fin reducir el tiempo de exposición al peligro. Incluye también señalización, advertencia, demarcación de zonas, alarmas, implementación de procedimientos y trabajos seguros, controles de acceso, entre otros. En control se puede hacer en el medio, o en el individuo.
- Equipos y Elementos de Protección Personal (EPP): Medidas basadas en el uso de dispositivos, accesorios y vestimentas por parte de los trabajadores, con el fin de protegerlos contra posibles daños en su salud e integridad física. Los EPP deben usarse de manera complementaria a las anteriores medidas de control. [9]

Los sistemas de seguridad deben seguir el orden de esta clasificación, buscando en primer lugar la Eliminación del peligro/riesgo, y como última instancia la utilización de EPP.

La Resolución 1409 de 2012, en la cual se dicta el reglamento de seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas, clasifica los sistemas de seguridad en dos grupos, medidas de prevención contra caídas en alturas y medidas de protección contra caídas en alturas.

Las medidas de prevención son aquellas utilizadas para evitar la caída de trabajadores cuando se realicen trabajos en alturas [10]. Dentro de las medidas de prevención se encuentran sistemas de seguridad de eliminación del peligro/riesgo, sustitución, controles de ingeniería y controles administrativos como se puede observar en la Tabla 98.

El uso de medidas de prevención no exime la obligación de implementar medidas de protección [10]. Las medidas de protección son aquellas utilizadas para detener la caída una vez ocurra, o mitigar sus consecuencias [12]. Dentro de las medidas de protección se encuentran controles de ingeniería y EPP. Se clasifican en medidas pasivas de protección, y medidas activas de protección.

Las medidas pasivas de protección son las que están diseñadas para detener o capturar al trabajador en el trayecto de su caída, sin permitir impacto contra estructuras o elementos. Entre las principales medidas pasivas se encuentran las redes de seguridad, las cuales detienen caídas de trabajadores y de objetos, y se clasifican dentro de los controles de ingeniería [13]. La clasificación de los tipos de redes se hizo según las Notas Técnicas de Prevención 804 (NTP 804) como se puede observar en la Tabla 9. Las NTP son una guía española con el fin de dar recomendaciones en diferentes procedimientos.

Las medidas activas de protección son las que involucran la participación del trabajador, y se clasifican dentro de los EPP. Según la Resolución 1409 se lista las medidas activas de protección:

- Punto de anclaje: Se dividen en puntos de detección de caídas y puntos de restricción de caídas. El primer punto debe soportar la fuerza máxima de caída, mientras que el segundo evitara que el trabajador se acerque al vacío.
- Dispositivo de anclaje portátil: Son dispositivos que se ajustan a una estructura, y sirven como puntos seguros de acoplamiento.
- Línea de vida horizontal o vertical: Pueden ser fijas o portátiles. Son compuestas por cables que sean capaces de resistir la fuerza de caída, y puntos de anclaje. [13]

El uso de medidas de protección no exime la obligación de implementar medidas de prevención. [12]

**Tabla 9.** Medidas de prevención contra caídas en alturas.

Medida de prevención	Clasificación	Descripción
Capacitación	Controles administrativos	La capacitación debe ir dirigida a jefes de área y trabajadores. La capacitación de jefes de área se enfoca en requisitos legales y responsabilidad civil, la de los trabajadores en los peligros presentes, medidas de protección a usar, procedimientos de trabajo y técnicas de inspección.
Certificados de competencia laboral	Controles administrativos	Los trabajadores que vayan a realizar trabajo en alturas, deben tener un certificado para trabajo seguro en alturas, el cual se obtiene mediante certificación o competencia laboral
Sistemas de ingeniería para prevención de caídas	Eliminación del peligro/riesgo y Sustitución	Hace referencia a cambios o modificaciones en el diseño, montaje, construcción, instalación o puesta en funcionamiento, con el fin de eliminar o sustituir el riesgo.
Medidas colectivas de prevención	Controles administrativos	Delimitación del área: Medida que tiene como objetivo limitar la zona de peligro y evitar el acercamiento.
		Línea de advertencia: Medida que demarca un área en la que se puede trabajar sin un sistema de protección.
		Señalización del área: Medida que informa por medio de letras y símbolos el riesgo existente.
		Control de acceso: Medida que controla el acceso a la zona de peligro
	Controles de ingeniería	Ayudante de seguridad: Medida complementaria con el fin de advertir y controlar los peligros y riesgos.
		Barandas: Medida que está constituida de una estructura que sirve como medio de información y/o de restricción. Pueden ser portátiles o fijas.
		Manejo de desniveles y orificios: Medida donde se señala y se cubren los orificios o desniveles. Se debe disponer de barandas provisionales y tablas.
Permiso de trabajo en alturas	Controles administrativos	Es un mecanismo que permite verificar y controlar los aspectos del trabajo a realizar y la competencia del trabajador para realizar la tarea.
Sistemas de acceso para trabajo en alturas	Controles de ingeniería	Medida que permite al trabajador tener acceso al trabajo en alturas. Entre los más usados se encuentran los andamios, escaleras, elevadores de personal, grúas de canasta, entre otros.

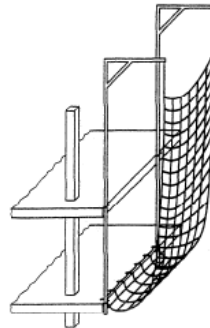
**Fuente:** Resolución 1409 y Autores.

**Tabla 10.** Clasificación de redes de seguridad.

Red de seguridad	Descripción
Sistema S	Red con cuerda perimetral que protege la caída del trabajador y de objetos. Ver Figura 7.
Sistema V	Red con soporte tipo horca anclado que protege la caída del trabajador y de objetos. Ver Figura 6.
Sistema T	Red compuesta por mallas horizontales solapadas, apoyadas sobre largueros, los cuales se acoplan a unos soportes metálicos tipo mordaza, que a su vez se anclan a la estructura del edificio. Se puede usar de manera horizontal o vertical, por lo que sirve para prevenir y proteger la caída. Ver Figura 8.
Sistema U	Red que está constituida por un mástil que se encuentra anclado en un punto de anclaje, y una malla que previene la caída. Ver Figura 9.

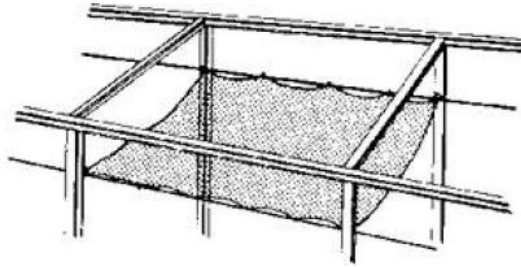
**Fuente:** *NTP 804*

**Fig. 7.** Redes de seguridades, sistema V



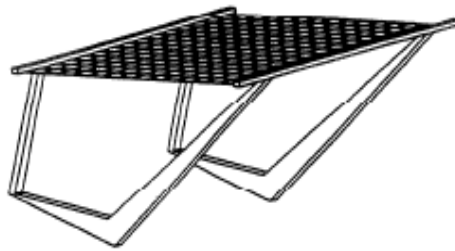
**Fuente:** *Norma Europea UNE-EN 1263-1*

**Fig. 8.** Red de seguridad, sistema S.



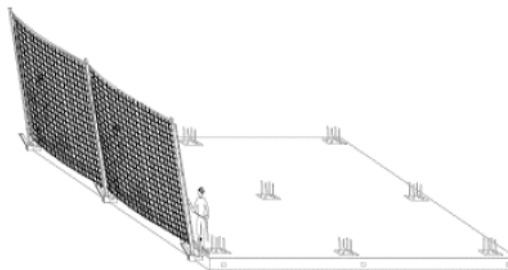
**Fuente:** *NTP 124*

**Fig. 9.** Red de seguridad, sistema T.



**Fuente:** *Norma Europea UNE-EN 1263-1*

**Fig. 10.** Red de seguridad, sistema U.



**Fuente:** *NTP 804*

## **5. PROPUESTA DE SISTEMAS DE SEGURIDAD**

Para establecer controles en las tareas de estudio dentro de la matriz de peligros y riesgos, se hace necesario determinar qué criterios ayudaran en el establecimiento. La GTC-45 propone 3 criterios; el número de trabajadores expuestos durante la realización de la tarea, la peor consecuencia dependiendo del riesgo existente, y la existencia de requisito legal.

El número de trabajadores expuesto depende de la obra de edificación que se esté construyendo, y al número de cuadrillas dispuestas para realizar una actividad. Como la matriz se está construyendo con peligros que hacen referencia al trabajo en alturas, el requisito legal existente seria la Resolución 1409 de 2012 en todos los casos.

La propuesta de sistemas de seguridad se realiza según la clasificación dada por el Decreto 1443 de 2014, donde se buscará en primera instancia eliminar el peligro/riesgo, de no ser posible se buscará una sustitución, si tampoco es posible, se propondrá un control de ingeniería, que puede ser complementado con un control administrativo y/o el uso de EPP. Adicionalmente, en cumplimiento de la Resolución 1409 de 2012, se propondrán sistemas de prevención y de protección para cada una de las tareas.

En el Anexo B, se puede observar la matriz de peligros y riesgos según la metodología planteada por la GTC-45, en donde se hace la identificación de los factores de riesgo durante el proceso constructivo de edificaciones para los tres sistemas constructivos de mayor uso en el país, y se realiza la propuesta de sistemas de seguridad por cada factor de riesgo o peligro identificado.

## 6. DISEÑO SISTEMAS DE SEGURIDAD

### 6.1. BARANDA

Se diseñó una baranda fija, que se anclara al borde de placa como sistema de prevención de caídas.

Como parámetros de diseño, se utilizó los valores de la Tabla 11.

**Tabla 11.** Parámetros de diseño para baranda.

Tipo de requerimiento	Medida
Resistencia estructural de la baranda	Mínimo 200 libras (90,8kg) de carga puntual en el punto medio del travesaño superior de la baranda aplicada en cualquier dirección.
Alturas de la baranda (Desde la superficie en donde se camina y/o trabaja, hasta el borde superior del travesaño superior)	Un (1) metro mínimo sobre la superficie de trabajo; las barandas existentes que estén a menos deben ajustarse en un término no mayor de 8 años a la altura requerida mínima de 1 metro a partir de la vigencia de la resolución.
Ubicación de travesaños o barandilla intermedios horizontales	Deben ser ubicados a máximo 48 cm entre sí.
Separación entre soportes verticales	Aquella que garantice la resistencia mínima solicitada.
Alturas de rodapiés	Mínimo 9 cm medido desde la superficie en donde se camina y/o trabaja. Si hay materiales acumulados cuya altura exceda la del rodapié y puedan caer al vacío, se deberá instalar una red, lona, entre otros, asegurada a la baranda, con la resistencia suficiente para prevenir efectivamente la caída de los objetos.

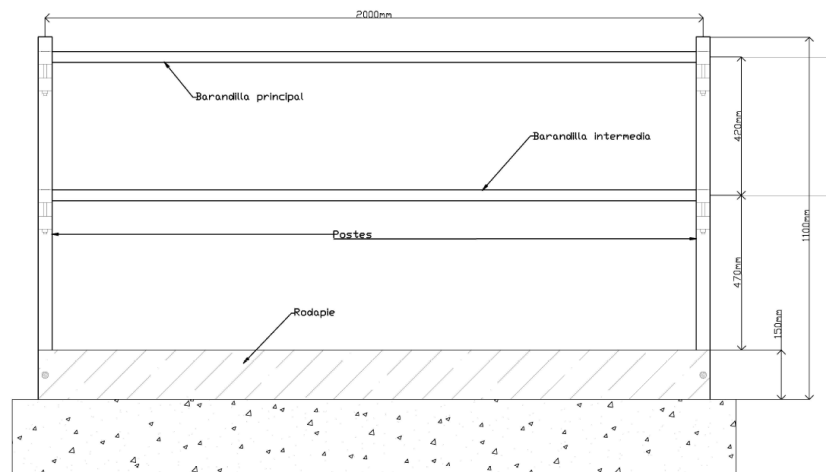
**Fuente:** Resolución 1409 de 2012

El diseño se hizo con el software SAP 2000, en el cual se modelaron los perfiles que componen la baranda, y aplicando la carga de diseño dada en la Resolución

1409, se obtuvieron las fuerzas internas a las que está sometida la estructura. Los perfiles utilizados en el diseño son tubulares de acero A36, y con el programa SAP 2000 se comprobó que el diseño tuviera la resistencia solicitada. Los soportes verticales tienen perfiles de 1 ¼" y espesor 3 mm, y los travesaños perfiles de 1" y espesor de 2.5mm. El anclaje a la estructura se realizó por medio de un cartucho de PVC, que se modelo como un apoyo de tercer grado.

La conexión entre los perfiles que constituyen la baranda, se hizo por medio de tornillos hexagonales de acero SAE Grado 1, los cuales unen los travesaños con los soportes verticales. Para el diseño de estas conexiones, se analizó las fuerzas cortantes que llegan al pasador, y se determinó un diámetro que fuera capaz de soportar los esfuerzos generados sin sobrepasar los esfuerzos admisibles del material. El diseño se puede observar en la Figura 11.

**Fig. 11.** Diseño de baranda fija.



En el Anexo C se puede observar el diseño de la baranda, con memorias de cálculo, planos constructivos, y manual de instrucciones para su correcta instalación y uso.

## **6.2. RED DE SEGURIDAD SISTEMA T**

La resolución 1409 de 2012 dicta con respecto al diseño de redes de seguridad, que todos sus componentes deben ser capaces de resistir el impacto de caída. El diseño de la red de seguridad sistema T se hizo según los parámetros dados en la UNE-EN 1263-1, norma en español de la norma europea EN, en la cual se dan los requisitos de seguridad y métodos de ensayo para redes de seguridad, basándose en la clasificación que hace la NTP 804. El diseño se realizó para los componentes de la red, suponiendo que la malla soportara la carga de impacto generada en la caída.

Para simular el impacto que sufrirá la red, se tomó como base el ensayo dinámico al que estará sometido para comprobar su capacidad. Según la UNE-EN 1263-1 el ensayo consiste en dejar caer una masa de ensayo dos veces en el centro de la muestra de ensayo. La altura de caída será seleccionada para que la energía cinética al momento del impacto sea de 7 kJ [14]. La masa de ensayo será esférica de aproximadamente 50 cm de diámetro y una masa de 100 kg. [15]

Aplicando la conservación de la energía, y posteriormente usando el principio trabajo – energía, es posible calcular la fuerza de impacto a la que estará sometida la red, aunque es necesario conocer la deformación que tendrá la malla al momento del impacto.

Según el principio de trabajo – energía, a menor deformación, menor será la disipación de la energía y por lo tanto la fuerza de impacto será mayor. Según datos tomados en laboratorio por la UNE-EN 1263-1, la deflexión de la malla cuando ocurre el impacto, se encuentra entre los valores de 0.8 m y 1.5m. Para el diseño se utilizó la fuerza de impacto generada por una deflexión de 0.8m.

Por otra parte, la UNE-EN 1263-1 propone un coeficiente de seguridad general de 1.5 para la energía que recibe la red. Por lo tanto, dicho coeficiente de seguridad aumentara en un 50% la fuerza de impacto.

Para el dimensionamiento de la red se tuvo en cuenta las dimensiones de la malla a utilizar 6m x 3.3m y con un ojo de 8.5 cm x 8.5 cm, y la separación entre brazos propuesta en la NTP 804, la cual será de 4m en mallas de 6m de longitud. Además, la red debe garantizar una inclinación de 10% hacia el interior de la obra.

Se utilizó el software SAP 2000 para modelar la red y los largueros que le sirven de apoyo. La fuerza de impacto se dispuso de manera distribuida en la mitad de la red, formando un círculo de diámetro 50cm. Con el modelado, se obtuvieron las fuerzas internas a las que está sometido el larguero, y se diseñó con un perfil tubular de acero A36 de 2" con espesor de 4 mm, comprobando su resistencia con el programa. Las reacciones obtenidas en los largueros se transmitieron, en otro modelo de SAP 2000, al brazo y soporte de la red.

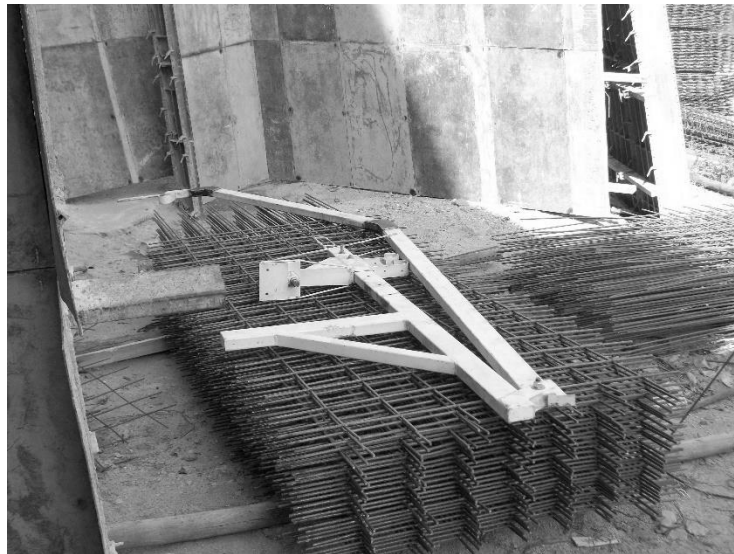
La red se ancla a la placa de entepiso por medio de una mordaza, la cual deja apoyado el soporte sobre la parte superior de la placa y la parte inferior, dichos apoyos se modelaron como apoyos de segundo grado. La unión entre el brazo y el soporte con la mordaza, se hizo por medio de un tornillo hexagonal de acero SEA Grado 1, para que la red pueda trabajar en posición horizontal o vertical. Esa conexión se modelo como una rotula.

Con el modelo fue posible determinar las fuerzas internas en el brazo, soporte, y mordaza, y de esa manera diseñar los elementos. El brazo, soporte y apoyo inferior de la mordaza se diseñaron con perfiles tubulares rectangulares de 8 cm x 4cm y espesor de 2.5 mm. El apoyo superior de la mordaza se hizo con un tornillo hexagonal de acero SEA Grado 1 que fuera capaz de adaptarse a diferentes espesores de placa.

El modelado y diseño de las conexiones por medio de soldadura se hizo en el software Solidworks, el cual determina cual debe ser el ancho de la soldadura por longitud de la misma, para que sea capaz de soportar las fuerzas impuestas.

El diseño de la red de seguridad sistema T, se puede observar en el Anexo D, el cual incluye memorias de cálculo, planos constructivos, y manual de instrucciones para su correcta instalación y uso. El diseño del brazo y el soporte con mordaza, se puede observar en la Figura 11.

**Fig. 12.** Diseño soporte vertical y brazo en obra.



### **6.3. PUNTO DE ANCLAJE**

Para el diseño del punto de anclaje se usaron los parámetros de diseño de la Resolución 1409 de 2012 y la NTC 2037, la cual da los requisitos de seguridad para sistemas, subsistemas y componentes personales de detección de caídas.

El punto de anclaje debe estar diseñado para soportar mínimo 5000 libras (22.2 kN) por persona conectada [12]. La carga de 22.2 kN debe estar aplicada en todas las direcciones permitidas de servicio, sin tener un requisito geométrico o limitaciones para su dimensionamiento.

Para el diseño, se modeló el punto de anclaje en el software Solidworks, compuesto por dos piezas metálicas de acero A36, unidas por medio de soldadura. El modelado fue exportado al software ANSYS, que por medio del uso de elementos finitos, se determinó los esfuerzos que se producen en la estructura.

El diseño de la conexión por soldadura se hizo por medio del software Solidworks, calculando el espesor de la soldadura para que fuera capaz de soportar las fuerzas impuestas. El diseño final se puede observar en la Figura 13.

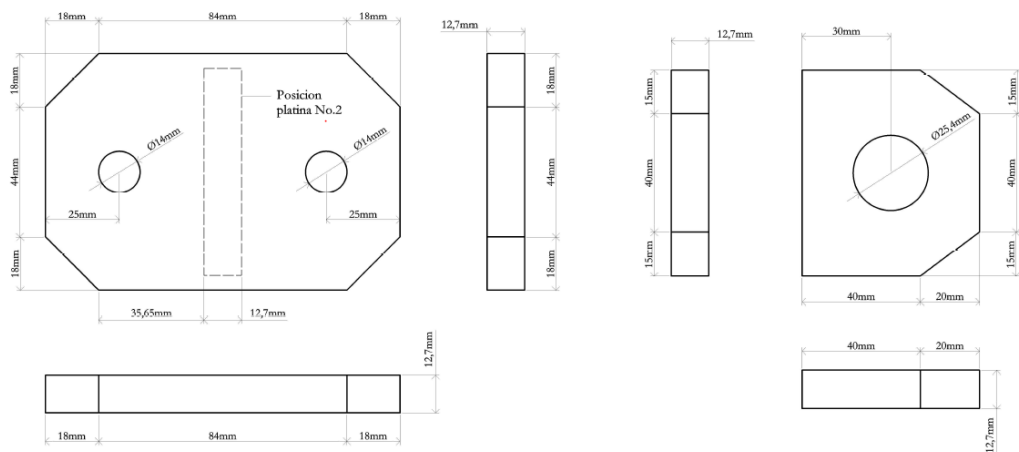
Finalmente, el diseño de los pernos que unen al punto de anclaje con la estructura, se realizó analizando los tipos de fallas descritos en la NSR-10, que se pueden observar en la Figura 14. Para el diseño se utilizó un perno de expansión HILTI HSL-3-SH M8, y se verificó su funcionalidad bajo los diferentes tipos de falla.

El diseño del punto de anclaje se puede observar en el Anexo E, el cual incluye memorias de cálculo, planos constructivos, y manual de instrucciones para su correcta instalación y uso.

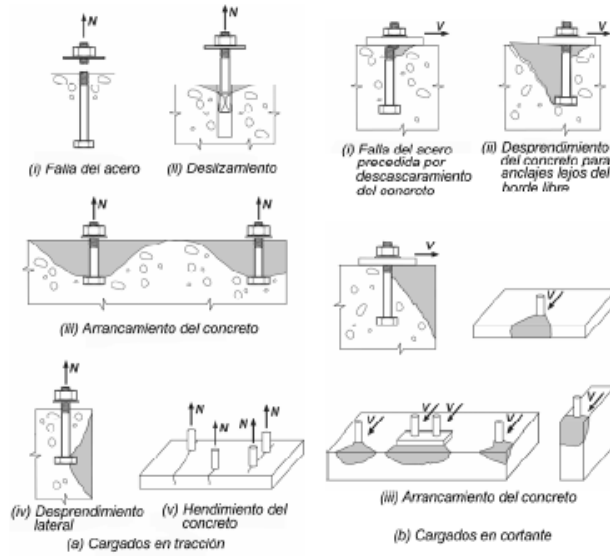
## 7. EVALUACION DEL SISTEMA DE SEGURIDAD PROPUESTO TIPO RED T

La evaluación de la red de seguridad sistema T, se hizo según lo dicho en la UNE-EN 1263-1, por medio del ensayo dinámico descrito en el numeral 5.2. El ensayo consiste en dejar caer una masa de 100 kg, que sea de forma aproximadamente esférica con un radio de 50 cm, de una altura de 7m, con el fin de generar en la malla al momento de impacto, una energía cinética de 7kJ. La masa de ensayo se debe dejar caer aproximadamente en la mitad de la malla, como se puede observar en la Figura 15. En el anexo F se puede ver el registro fotográfico del ensayo.

**Fig. 13.** Diseño punto de anclaje.

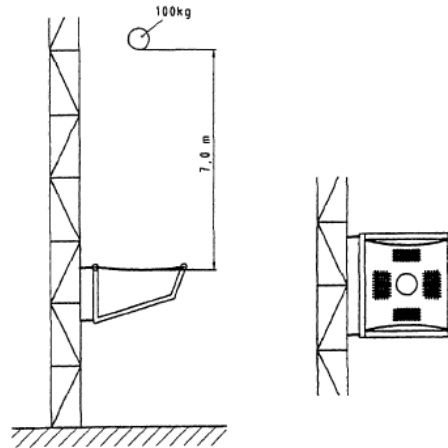


**Fig. 14.** Modalidad de falla de los anclajes.



**Fuente:** Apéndice C-D. NSR-10

**Fig. 15.** Ensayo dinámico para red de seguridad, sistema T.



**Fuente:** UNE-EN 1263-1

## 8. CONCLUSIONES

La construcción es la actividad económica con clase de riesgo V que mayor cantidad de accidentes reporta, también debido a que es la actividad con mayor número de trabajadores. Es la única actividad económica que ha tenido un crecimiento constante en la cantidad de accidentes cada 100 trabajadores. En 2009 reportaba menos de 6 accidentes cada 100 trabajadores, y en 2014 llegó a la cifra de 12 accidentes cada 100 trabajadores, quedando como la segunda actividad con mayor cantidad de accidentes por número de trabajadores, por debajo de la industria manufacturera, y por encima de la actividad de minas y canteras. Se espera que para el 2015, la construcción sea la actividad con mayor cantidad de accidentes cada 100 trabajadores, con base en su comportamiento de pendiente positiva.

Los controles administrativos y el uso de EPP, da cumplimiento a la resolución 1409 de 2012, la cual exige el uso de sistemas de prevención y de protección de manera conjunta. A pesar de eso, las tareas identificadas en la matriz de peligros y riesgos, que tienen controles existentes clasificados como controles administrativos y EPP, tienen una valoración del riesgo entre los niveles I y II, lo que quiere decir que son riesgos no aceptables. Los sistemas de prevención y protección se deben utilizar, siguiendo el orden de la clasificación dada en la Decreto 1443 de 2014. Se debe buscar la utilización de sistemas de ingeniería, antes de implementar controles administrativos o EPP.

Para utilizar de manera segura sistemas de seguridad, es necesario tener en cuenta la resistencia de la estructura de anclaje. Dicha estructura debe estar diseñada para

que sea capaz de soportar las cargas transmitidas por los apoyos de los sistemas, por lo que, desde la etapa de diseño de la edificación, se debe conocer el sistema de seguridad a utilizar.

El primer impacto del ensayo dinámico de la red de seguridad sistema T, permitió determinar si la estructura era capaz de aguantar la fuerza de impacto, haciendo trabajar a los largueros en el estado plástico. El segundo impacto se realiza para hacer fallar el sistema. Se esperaba que la falla ocurriera en los largueros, ya que después del primer impacto tenían una deformación permanente y se encontraba en el estado plástico. La falla ocurre por rompimiento de la red, que también presentaba deformación permanente, al no ser capaz de transmitir la fuerza suficiente a los largueros, y generando un rebote de la masa de ensayo. La red cumple como sistema de protección de caídas, aunque después de un impacto fuerte, debe ser reemplazada en su totalidad.

## CITAS

[1] Resolución 1409. Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas. Bogotá DC, Colombia, 23 de Julio de 2012, artículo 1

[2] Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título A. Bogotá DC, Colombia, 2014, Capítulo A.3.2.1

[3] Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Título A. Bogotá DC, Colombia, 2014, Capítulo A.3.2.2

[4] Censo de edificaciones CEED. Dirección de Metodología y Producción Estadística DIMPE. Bogotá DC. 2009-2010-2011-2012-2013-2014.

[5] Practice Standard for WBS. Project Management institute. Newton square. Pennsylvania USA. PMI publications. 2003.

[6] Decreto 1443. Disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Bogotá DC, Colombia, 31 de Julio de 2014, artículo 2.

[7] Decreto 1443. Disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Bogotá DC, Colombia, 31 de Julio de 2014, artículo 15.

[8] Guía Técnica Colombiana GTC 45. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. Bogotá DC, Colombia, 20 de junio de 2012, p 3.

[9] Decreto 1443. Disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Bogotá DC, Colombia, 31 de Julio de 2014, artículo 24.

[10] Resolución 1409. Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas. Bogotá DC, Colombia, 23 de Julio de 2012, artículo 8.

[11] Resolución 1409. Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas. Bogotá DC, Colombia, 23 de Julio de 2012, artículo 16.

[12] Resolución 1409. Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas. Bogotá DC, Colombia, 23 de Julio de 2012, artículo 21.

[13] Resolución 1409. Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas. Bogotá DC, Colombia, 23 de Julio de 2012, artículo 22.

[14] Norma Europea UNE – EN 1263-1. Redes de Seguridad. Requisitos de seguridad, métodos de ensayo. Madrid, España, 1997, p 30-31.

[15] Norma Europea UNE – EN 1263-1. Redes de Seguridad. Requisitos de seguridad, métodos de ensayo. Madrid, España, 1997, p 27.

## BIBLIOGRAFÍA

BLANCO GOMEZ, J.E. PRIETO, V.A. Director: Jabid Eduardo Quiroga. Conectores de anclaje para trabajo en alturas. Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero mecánico. Bucaramanga, Santander, Colombia. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería mecánica. 2013

COLOMBIA. MINISTERIO DEL TRABAJO. Resolución número 1409 de 2012. Reglamento de seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas.

ESPAÑA. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 124 Redes de seguridad.

ESPAÑA. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 803 Encofrado horizontal. Protecciones colectivas I.

ESPAÑA. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 804 Encofrado horizontal. Protecciones colectivas II.

ESPAÑA. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 809 Descripción y elección de dispositivos de anclaje.

ESPAÑA. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 816 Encofrado horizontal. Protecciones individuales contra caídas en alturas.

ESPAÑA. FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN. Fichas técnicas sobre medios de protección colectiva en edificaciones. Redes de seguridad. 2004

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 2037 Requisitos de seguridad para sistemas, subsistemas y componentes personales de detención de caídas. I.C.S.: 13.340.01. ICONTEC, Bogotá D.C. 2010

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Practice standard for work breakdown structure. Second edition. Newton square, Pennsylvania USA, PMI publications. 2006.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK). Quinta edición. Newton square, Pennsylvania USA, PMI publications 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Construction extension to a guide to the Project management body of knowledge. 2000 edition. Newton square, Pennsylvania USA, PMI publications, 2003.

## ANEXOS

### ANEXO A: WBS de sistema constructivo tipo mampostería confinada - pódico

<b>WBS Sistema constructivo mampostería confinada - pódicos</b>		
	<b>ÍTEM</b>	<b>ALCANCE</b>
<b>1</b>	<b>Estructura de concreto reforzado</b>	
1.1	<i>Concreto reforzado para columnas</i>	
1.1.1	Colocación del acero de refuerzo	Colocación de la armadura de refuerzo donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.1.2	Armado y retiro de la formaletería	Armado y retiro de la formaletería para fundir columnas de concreto reforzado donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.1.3	Vaciado del concreto	Vaciado y vibrado del concreto donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.1.4	Curado del concreto	Curado del concreto durante 28 días posteriores a la fundida donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.2	<i>Concreto reforzado para vigas</i>	
1.2.1	Armado y retiro de estructura temporal	Armado y retiro de estructura que sostendrá la formaletería (parales y crucetas metálicas) donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.2.2	Colocación del acero de refuerzo	Colocación del acero de refuerzo donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.2.3	Vaciado del concreto	Vaciado y vibrado del concreto donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.2.4	Armado y retiro de la formaletería y apuntalamiento de la viga	Armado y retiro de la formaletería para fundir vigas de concreto reforzado donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.2.5	Curado del concreto	Curado del concreto durante 28 días posteriores a la fundida donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.3	<i>Concreto reforzado para placa de entrepiso (aligerada, maciza o steel deck)</i>	
1.3.1	Armado y retiro de estructura temporal	Armado y retiro de estructura que sostendrá la formaletería (parales, crucetas y cerchas metálicas) donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m

1.3.2	Armado y retiro de formaletería (o armado de steel deck)	Armado y retiro de formaletería sobre estructura temporal (o armado del steel deck) donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.3.3	Colocación del acero de refuerzo (y aligerante para losa aligerada)	Colocación del acero de refuerzo (y aligerante) donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.3.4	Vaciado del concreto	Vaciado y vibrado del concreto donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.3.5	Curado del concreto	Curado del concreto durante 28 días posteriores a la fundida donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
<b>2</b>	<b>Estructura metálica</b>	
2.1	<i>Pórticos en estructura metálica</i>	
2.1.1	Unión viga - columna	Unión de viga y columnas por medio de soldadura o pernos donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
2.1.2	Unión viga - viga	Unión de viga y viga por medio de soldadura o pernos donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
2.1.3	Elevación de vigas y columnas metálicas	Elevación de las vigas y columnas metálicas hasta punto de instalación con grúa
<b>3</b>	<b>Mampostería confinada</b>	
3.1	Muros de cerramiento en mampostería	Construcción de muro en mampostería para cerramiento de la edificación
<b>WBS Sistema constructivo mampostería estructural</b>		
<b>ÍTEM</b>		<b>ALCANCE</b>
<b>1</b>	<b>Mampostería</b>	
1.1	Colocación del acero de refuerzo	Colocación de acero de refuerzo en bordes de placa y traslapes en altura
1.2	Colocación de la mampostería estructural	Colocación de la mampostería estructural en bordes de placa
1.3	Vaciado del concreto	Vaciado del concreto en mampostería estructural ubicada en bordes de placa

<b>2</b>	<b>Concreto reforzado para placa de entrepiso</b>	
2.1	Armado y retiro de estructura temporal	Armado y retiro de estructura que sostendrá la formaletería (parales, crucetas y cerchas metálicas) donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
2.2	Armado y retiro de formaletería	Armado y retiro de formaletería sobre estructura temporal donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
2.3	Colocación del acero de refuerzo (y aligerante para losa aligerada)	Colocación del acero de refuerzo (y aligerante) donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
2.4	Vaciado del concreto	Vaciado y vibrado del concreto donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
2.5	Curado del concreto	Curado del concreto durante 28 días posteriores a la fundida donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
<b>WBS Sistema constructivo prefabricados industrializados</b>		
<b>ÍTEM</b>		<b>ALCANCE</b>
<b>1</b>	<b>Estructura de concreto reforzado</b>	
1.1	<i>Concreto reforzado para placas de entrepiso maciza</i>	
1.1.1	Armado y retiro de estructura temporal	Armado y retiro de estructura que sostendrá la formaletería (parales, crucetas y cerchas metálicas) donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.1.2	Armado y retiro de formaletería	Armado y retiro de formaletería sobre estructura temporal donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.1.3	Colocación del acero de refuerzo (y aligerante para losa aligerada)	Colocación del acero de refuerzo (y aligerante) donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.1.4	Vaciado del concreto	Vaciado y vibrado del concreto donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.1.5	Curado del concreto	Curado del concreto durante 28 días posteriores a la fundida donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.2	<i>Concreto reforzado para muros estructurales</i>	

1.1.1	Colocación del acero de refuerzo	Colocación de la armadura de refuerzo donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.1.2	Armado y retiro de la formaleteria	Armado y retiro de la formaleteria para fundir muros de concreto reforzado donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.1.3	Vaciado del concreto	Vaciado y vibrado del concreto donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m
1.1.4	Curado del concreto	Curado del concreto durante 28 días posteriores a la fundida donde haya riesgo de caída a una altura superior a 1.5m

## ANEXO B: Matriz de peligros y riesgos

Construcción de edificación con sistema constructivo tipo mampostería confinada - pórticos																								
Proceso	Actividades	Tareas	Rutina (Si o No)	Peligro		Efectos posibles	Controles existentes			Evaluación del riesgo				Aceptabilidad del riesgo	Criterios para establecer controles		Medidas de intervención							
				Descripción	Clasificación		Fuente	Medio	Individuo	Nivel de deficiencia (ND)	Nivel de exposición (NE)	Nivel de probabilidad (NP = ND*NE)	Interpretación del NP		Nivel de consecuencia (NC)	Nivel de riesgo (NR = NP*NC)	Interpretación del NR	Peor consecuencia	Existencia de requisito legal	Eliminación	Sustitución	Controles de ingeniería	Controles administrativos	Elementos de protección personal
Esctructura de concreto reforzado	Concreto reforzado para columnas	Colocación del acero de refuerzo	Si	Manejo inadecuado del material y la herramienta menor en borde de placa	Localivo	Caída de material y herramienta a diferente nivel	Ninguno	Señalización, Delimitación de área	Casco, Botas punta de acero	o	4	24	Muy Alto	100	2400	-	#N/A	Muerte	Si	N/A	N/A	Red de seguridad Tipo V	Existente	Existentes
				Trabajo en borde de placa y superficies inestables cerca del borde de placa	Trabajo en alturas	Caída de trabajador a diferente nivel	Ninguno	Señalización, Delimitación de área	Arnés de cuerpo completo con eslinga de protección contra caídas	2	4	o	Medio	60	480	=	#N/A	Incapacidad permanente o parcial	Si	N/A	N/A	Red de seguridad Tipo T	Existente	Ninguno

Estructura de concreto reforzado		Colocación del acero de refuerzo	
Concreto reforzado para columnas			
Armado y retiro de la formaletería		Si	
Trabajo en borde de placa	Manejo inadecuado de la formaletería en bordes de placa	Trabajo sobre superficies inestables a una altura superior a 1.5m sobre el nivel de placa	
Trabajo en alturas	Locativo	Trabajo en alturas	Si
Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de la formaletería a diferente nivel	Caída del trabajador a diferente nivel	
Ninguno	Ninguno	Ninguno	
Señalización, Delimitación de área	Señalización, Delimitación de área	Ninguno	
Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	Casco, Bolas punta de acero	Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de posicionamiento	
2	6	6	
3	3	4	
6	18	24	
Medio	Alto	Muy Alto	
60	100	25	
360	1800	600	
=	-	-	
#N/A	#N/A	#N/A	
Incapacidad permanente o parcial	Muerte	Lesiones con incapacidad laboral temporal	
Si	Si	Si	
N.A	N.A	N.A	
N.A	N.A	N.A	
Baranda	Red de seguridad Tipo V	Andamio certificado	
Existente	Existente	Ninguno	
Existente	Existentes	Existente	

Estructura de concreto reforzado	
Concreto reforzado para columnas	
Curado del concreto	Vaciado del concreto
Si	Si
Trabajo en borde de placa	Trabajo sobre superficies inestables a una altura superior a 1.5m sobre el nivel de placa
Trabajo en alturas	Trabajo en alturas
Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel
Ninguno	Ninguno
Señalización, Delimitación de área	Ninguno
Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de posicionamiento
2	6
3	4
6	24
Medio	Muy Alto
60	25
360	600
=	-
#N/A	#N/A
Incapacidad permanente o parcial	Lesiones con incapacidad laboral temporal
Si	Si
N.A	N.A
N.A	N.A
Baranda	Andamio certificado
Existente	Ninguno
Existente	Existente
	Red de seguridad Tipo T
	Existente
	Ninguno
	Incapacidad permanente o parcial
	Si
	N.A
	N.A
	Red de seguridad Tipo T
	Existente
	Ninguno

Estructura de concreto reforzado			
Concreto reforzado para vigas			
Colocación del acero de refuerzo	Armado y retiro de estructura temporal		
Si	Si		
Manejo inadecuado del material y la herramienta menor en borde de placa	Trabajo en borde de placa	Manejo inadecuado de parates y crucesas metálicas	
Locativo	Trabajo en alturas	Locativo	
Caída de material y herramienta a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de parates, crucesas metálicas y herramienta a diferente nivel	
Ninguno	Ninguno	Ninguno	
Señalización, Delimitación de área	Señalización, Delimitación de área	Señalización, Delimitación de área	
Casco, Botas punta de acero	Punto de andaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	Casco, Botas punta de acero	
6	2	6	
4	3	4	
24	6	24	
Muy Alto	Medio	Muy Alto	
100	60	100	
2400	360	2400	
-	=	-	
#N/A	#N/A	#N/A	
Muerte	Incapacidad permanente o parcial	Muerte	
Si	Si	Si	
N.A	N.A	N.A	
N.A	N.A	N.A	
Red de seguridad Tipo V	Baranda	Red de seguridad Tipo V	
Existente	Existente	Existente	
Existentes	Existente	Existentes	

Estructura de concreto reforzado	
Concreto reforzado para vigas	
Vaciado del concreto	Colocación del acero de refuerzo
SI	SI
Trabajo en borde de placa y superficies inestables cerca del borde de placa	Trabajo sobre superficies inestables a una altura superior a 1,5m sobre el nivel de placa
Trabajo en alturas	Trabajo en alturas
Caída de trabajador a diferente nivel	Caída del trabajador a diferente nivel
Ninguno	Ninguno
Señalización, Delimitación de área	Ninguno
Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de posicionamiento
2	6
3	4
6	24
Medio	Muy Alto
60	25
360	600
=	-
#N/A	#N/A
Incapacidad permanente o parcial	Lesiones con incapacidad laboral temporal
SI	SI
N.A	N.A
N.A	N.A
Red de seguridad Tipo T	Andamio certificado
Existente	Ninguno
Ninguno	Existente
	Red de seguridad Tipo T
	Existente
	Ninguno
	Incapacidad permanente o parcial
	SI
	N.A
	N.A
	Red de seguridad Tipo T
	Existente
	Ninguno

Estructura de concreto reforzado	
Concreto reforzado para vigas	
Curado del concreto	Armado y retiro de la formaletería y apuntalamiento de la viga
Si	Si
Trabajo en borde de placa	Trabajo sobre superficies inestables a una altura superior a 1,5m sobre el nivel de placa
Trabajo en alturas	Trabajo en alturas
Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel
Ninguno	Ninguno
Señalización, Delimitación de área	Ninguno
Punto de anclaje con amés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	Punto de anclaje con amés de cuerpo completo y eslinga de posicionamiento
2	6
3	4
6	24
Medio	Muy Alto
60	25
360	600
=	-
#N/A	#N/A
Incapacidad permanente o parcial	Lesiones con incapacidad laboral temporal
Si	Si
N.A	N.A
N.A	N.A
Baranda	Andamio certificado
Existente	Ninguno
Existente	Existente
	Red de seguridad Tipo T
	Ninguno
	Incapacidad permanente o parcial
	Si
	N.A
	N.A
	Red de seguridad Tipo T
	Existente
	Ninguno

Estructura de concreto reforzado	
Concreto reforzado para placa de entrepiso (aligerada, maciza o steel deck)	
Armado y retiro de formalería (o armado de steel deck)	Armado y retiro de estructura temporal
Si	Si
Trabajo a borde de formalería	Trabajo en borde de placa
Trabajo en alturas	Trabajo en alturas
Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel
Ninguno	Ninguno
Ninguno	Señalización, Delimitación de área
Ninguno	Punto de anclaje con amés de cuerpo completo y estinga de protección contra caídas
10	2
4	3
40	6
Muy Alto	Medio
100	60
4000	360
-	II
#N/A	#N/A
Muerte	Incapacidad permanente o parcial
Si	Si
N.A	N.A
N.A	N.A
Línea de vida horizontal con puntos de anclaje	Baranda
Señalización	Existente
Amés de cuerpo completo con estinga de posicionamiento	Existente
	Red de seguridad Tipo V
	Existente
	Existentes

Estructura de concreto reforzado		
Concreto reforzado para placa de entrepiso (aligerada, maciza o steel deck)		
Colocación del acero de refuerzo (y aligerante para losa aligerada)	SI	
Manejo inadecuado del material y la herramienta menor en borde de formalería	Trabajo sobre superficies inestables a una altura superior a 1.5m sobre el nivel de placa	Armadado y retro de formalería (o armado de steel deck)
Locativo	Trabajo en alturas	SI
Caída de material y herramienta a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel	Manejo inadecuado de la formalería cerca a bordes de placa
Ninguno	Ninguno	Locativo
Ninguno	Ninguno	Caída de formalería a diferente nivel
Casco, Botas punta de acero	Ninguno	Ninguno
6	10	Casco, Botas punta de acero
4	4	6
24	40	3
Muy Alto	Muy Alto	18
100	100	Alto
2400	4000	100
-	-	1800
#N/A	#N/A	-
Muerte	Muerte	#N/A
SI	SI	Muerte
N/A	N/A	SI
N/A	N/A	N/A
N/A	N/A	N/A
Red de seguridad Tipo V	Línea de vida horizontal con puntos de anclaje	Red de seguridad Tipo V
Ninguno	Señalización	Ninguno
Existentes	Arnés de cuerpo completo con eslinga de posicionamiento	Existentes

Estructura de concreto reforzado	
Concreto reforzado para placa de entrepiso (aligerada, maciza o steel deck)	
Vaciado del concreto	Colocación del acero de refuerzo (y aligerante para losa aligerada)
SI	SI
Trabajo en borde de formaletería	Trabajo en borde de formaletería
Trabajo en alturas	Trabajo en alturas
Caida de trabajador a diferente nivel	Caida de trabajador a diferente nivel
Ninguno	Ninguno
Ninguno	Ninguno
Ninguno	Ninguno
10	10
3	3
30	30
Muy Alto	Muy Alto
100	100
3000	3000
-	-
#N/A	#N/A
Muerte	Muerte
SI	SI
N/A	N/A
N/A	N/A
Red de seguridad Tipo T	Red de seguridad Tipo T
Señalización	Señalización
Ninguno	Ninguno

Estructura metálica		Estructura de concreto reforzado
Pórticos en estructura metálica		Concreto reforzado para placa de entrepiso (aligerada, maciza o steel deck)
Unión viga - columna		Curado del concreto
SI		SI
Manejo inadecuado de la herramienta	Trabajo sobre andamios	Trabajo en borde de placa
Locativo	Trabajo en alturas	Trabajo en alturas
Caída de herramienta a diferente nivel	Caída del trabajador a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel
Ninguno	Ninguno	Ninguno
Ninguno	Andamio certificado	Serialización, Delimitación de área
Casco, Botas punta de acero	Punto de anclaje con amés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	Punto de anclaje con amés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas
6	2	6
3	3	3
18	6	18
Alto	Medio	Alto
60	10	60
1080	60	1080
-	III	-
#N/A	#N/A	#N/A
Incapacidad permanente o parcial	Incapacidad laboral temporal	Incapacidad permanente o parcial
SI	SI	SI
N.A	N.A	N.A
N.A	N.A	N.A
Ninguno	Existente	Baranda
Serialización y cerramiento	Ninguno	Existente
Existente	Existente	Existente

Estructura metálica	
Pórticos en estructura metálica	
Elevación de vigas y columnas metálicas	Unión viga - viga
SI	SI
Manejo inadecuado del sistema de elevación de las vigas y columnas	Trabajo sobre vigas metálicas
Locativo	Trabajo en alturas
Caída de vigas o columnas a diferente nivel	Caída del trabajador a diferente nivel
Ninguno	Ninguno
Grúa certificada, Señalización, Delimitación de área	Ninguno
Casco, Botas punta de acero	Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas
2	2
2	3
4	6
Bajo	Medio
100	25
400	150
=	=
#N/A	#N/A
Muerte	Incapacidad laboral temporal
SI	SI
N.A	N.A
N.A	N.A
Existente	Existente
Existente	Línea de vida horizontal
Existente	Existente

Mampostería confinada	
Muros de cerramiento en mampostería	
Muro de cerramiento	
Si	
Trabajo en borde de placa y sobre superficies inestables cerca del borde de placa	Manejo inadecuado del material
Trabajo en alturas	Locativo
Caída del trabajador a diferente nivel	Caída de material a diferente nivel
Ninguno	Ninguno
Ninguno	Señalización, Delimitación de área
Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	Casco, Bolas punta de acero
N	6
3	3
6	18
Medio	Alto
60	60
360	1080
=	-
#N/A	#N/A
Incapacidad laboral temporal	Incapacidad permanente o parcial
Si	Si
N.A	N.A
N.A	N.A
Red de seguridad Tipo V	Red de seguridad Tipo V
Señalización	Existente
Ninguno	Existente



Mampostería		
Construcción muro de mampostería		
Colocación de la mampostería estructural en borde de placa		
SI		
Vaciado del concreto en mampostería estructural ubicada en borde de placa	Trabajo en borde de placa y superficies inestables cerca del borde de placa	Manejo inadecuado del material y la herramienta menor en borde de placa
Trabajo en alturas	Trabajo en alturas	Locativo
Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de material y herramienta a diferente nivel
Ninguno	Ninguno	Ninguno
Señalización, Delimitación de área	Señalización, Delimitación de área	Señalización, Delimitación de área
Punto de anclaje con amés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	Punto de anclaje con amés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	Casco, Botas punta de acero
2	2	6
3	3	3
6	6	18
Medio	Medio	Alto
25	25	60
150	150	1080
=	=	-
#N/A	#N/A	#N/A
Incapacidad permanente o parcial	Incapacidad permanente o parcial	Incapacidad permanente o parcial
SI	SI	SI
N.A	N.A	N.A
N.A	N.A	N.A
Ninguno	Red de seguridad Tipo T	Red de seguridad Tipo V
Existente	Existente	Existente
Punto de anclaje certificado	Ninguno	Existentes

Concreto reforzado para placa de entrepiso	
Placa de entrepiso aligerada o maciza	
Armado y retiro de formalería	Armado y retiro de estructura temporal
Si	Si
Trabajo a borde de formalería	Manejo inadecuado de parales, crucetas y cerchas metálicas
Trabajo en alturas	Locativo
Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de parales, crucetas, cerchas metálicas y herramienta a diferente nivel
Ninguno	Ninguno
Ninguno	Señalización, Delimitación de área
Ninguno	Casco, Boatas punta de acero
10	6
4	4
40	24
Muy Alto	Muy Alto
100	100
4000	2400
-	-
#N/A	#N/A
Muerte	Muerte
Si	Si
N.A	N.A
N.A	N.A
Línea de vida horizontal con puntos de anclaje	Red de seguridad Tipo V
Señalización	Existente
Arnés de cuerpo completo con eslinga de posicionamiento	Existentes

Concreto reforzado para placa de entrepiso		Placa de entrepiso aligerada o maciza	
Colocación del acero de refuerzo (y aligerante para losa aligerada)		SI	
Manejo inadecuado del material y la herramienta menor en borde de formaletería	Trabajo sobre superficies inestables a una altura superior a 1.5m sobre el nivel de placa	Manejo inadecuado de la formaletería cerca a bordes de placa	Armadado y retiro de formaletería
Locativo	Trabajo en alturas	Locativo	SI
Caída de material y herramienta a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de formaletería a diferente nivel	
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Casco, Botas punta de acero	Ninguno	Casco, Botas punta de acero	
6	10	6	
4	4	3	
24	40	18	
Muy Alto	Muy Alto	Alto	
100	100	100	
2400	4000	1800	
-	-	-	-
#N/A	#N/A	#N/A	
Muerte	Muerte	Muerte	
SI	SI	SI	
N/A	N/A	N/A	
N/A	N/A	N/A	
Red de seguridad Tipo V	Línea de vida horizontal con puntos de anclaje	Red de seguridad Tipo V	
Ninguno	Señalización	Ninguno	
Existentes	Amés de cuerpo completo con eslinga de posicionamiento	Existentes	

Concreto reforzado para placa de entrepiso		Colocación del acero de refuerzo (y aligerante para losa aligerada)	
Placa de entrepiso aligerada o maciza			
Vaciado del concreto		Si	
Trabajo en borde de formalería	Trabajo sobre superficies inestables a una altura superior a 1.5m sobre el nivel de placa	Trabajo en borde de formalería	Trabajo en borde de formalería
Trabajo en alturas	Trabajo en alturas	Trabajo en alturas	Trabajo en alturas
Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
10	10	10	10
3	4	3	3
30	40	30	30
Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
100	25	100	100
3000	1000	3000	3000
-	-	-	-
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Muerte	Lesiones con incapacidad laboral temporal	Muerte	Muerte
Si	Si	Si	Si
N.A	N.A	N.A	N.A
N.A	N.A	N.A	N.A
Red de seguridad Tipo T	Línea de vida horizontal con puntos de anclaje	Red de seguridad Tipo T	Red de seguridad Tipo T
Señalización	Señalización	Señalización	Señalización
Ninguno	Amés de cuerpo completo con eslinga de posicionamiento	Ninguno	Ninguno

Concreto reforzado para placa de entrepiso	
Placa de entrepiso aligerada o maciza	
Curado del concreto	
Si	
Trabajo en borde de placa	
Trabajo en alturas	
Caída de trabajador a diferente nivel	
Ninguno	
Señalización, Delimitación de área	
Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	
0	
3	
18	
Alto	
60	
1080	
-	
#N/A	
Incapacidad permanente o parcial	
Si	
N/A	
N/A	
Baranda	
Existente	
Existente	

Construcción de edificación con sistema constructivo tipo prefabricados industrializados									
Proceso									
Actividades									
Tareas									
Rutina (Si o No)									
Peligro	Descripción								
	Clasificación								
Efectos posibles									
Controles existentes									
Evaluación del riesgo									
Criterios para establecer controles									
Medidas de intervención									
Estructura en concreto reforzado									
Concreto reforzado para placa de entripiso maciza									
Armado y retiro de estructura temporal									
Si									
Manejo inadecuado de parales, crueltas y cerchas metálicas		Locativo							
Caída de parales, crueltas, cerchas metálicas y herramienta a diferente nivel		Ninguno							
Trabajo en alturas		Señalización							
Caída de trabajador a diferente nivel		Casco, Botas punta de acero							
Ninguno		Ninguno							
Señalización, Delimitación de área		Señalización							
Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas		Casco, Botas punta de acero							
N		6							
3		4							
6		24							
Medio		Muy Alto							
60		100							
360		2400							
=		-							
#N/A		#N/A							
Incapacidad permanente o parcial		Muerte							
Si		Si							
N/A		N/A							
N/A		N/A							
Baranda		Red de seguridad Tipo V							
Existente		Existente							
Existente		Existentes							
Elementos de protección personal		Elementos de protección personal							

Estructura en concreto reforzado	
Concreto reforzado para placa de entripiso maciza	
Armado y retiro de formalería	
Colocación del acero de refuerzo	Si
Trabajo sobre superficies inestables a una altura superior a 1.5m sobre el nivel de placa	
Trabajo en alturas	Trabajo a borde de formalería
Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel
Ninguno	Ninguno
Ninguno	Ninguno
Ninguno	Ninguno
10	10
4	4
40	40
Muy Alto	Muy Alto
100	100
4000	4000
-	-
#N/A	#N/A
Muerte	Muerte
Si	Si
N.A	N.A
N.A	N.A
Línea de vida horizontal con puntos de anclaje	Línea de vida horizontal con puntos de anclaje
Señalización	Señalización
Arnés de cuerpo completo con eslinga de posicionamiento	Arnés de cuerpo completo con eslinga de posicionamiento





Estructura en concreto reforzado	
Concreto reforzado para muros estructurales	
Armado y retiro de la formalería	Colocación del acero de refuerzo
Si	Si
Manejo inadecuado de la formalería en bordes de placa	Trabajo sobre superficies inestables a una altura superior a 1.5m sobre el nivel de placa
Locativo	Trabajo en alturas
Caída de la formalería a diferente nivel	Caída del trabajador a diferente nivel
Ninguno	Ninguno
Señalización, Delimitación de área	Ninguno
Casco, Botas punta de acero	Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de posicionamiento
6	6
3	4
18	24
Alto	Muy Alto
100	25
1800	600
-	-
#N/A	#N/A
Muerte	Lesiones con incapacidad laboral temporal
Si	Si
N.A	N.A
N.A	N.A
Red de seguridad Tipo V	Andamio certificado
Existente	Ninguno
Existentes	Existente
	Red de seguridad Tipo T
	Existente
	Ninguno
	Trabajo en borde de placa y superficies inestables cerca del borde de placa
	Trabajo en alturas
	Caída de trabajador a diferente nivel
	Ninguno
	Señalización, Delimitación de área
	Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas
	2
	4
	8
	Medio
	60
	480
	=
	#N/A
	Incapacidad permanente o parcial
	Si
	N.A
	N.A

Estructura en concreto reforzado		
Vaciado del concreto		
SI		SI
Trabajo sobre superficies inestables a una altura superior a 1.5m sobre el nivel de placa	Trabajo en borde de placa y superficies inestables cerca del borde de placa	Trabajo en borde de placa
Trabajo en alturas	Trabajo en alturas	Trabajo en alturas
Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel	Caída de trabajador a diferente nivel
Ninguno	Ninguno	Ninguno
Ninguno	Señalización, Delimitación de área	Señalización, Delimitación de área
Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de posicionamiento	Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas
6	2	2
4	4	3
24	8	6
Muy Alto	Medio	Medio
25	60	60
600	480	360
-	=	=
#N/A	#N/A	#N/A
Lesiones con incapacidad laboral temporal	Incapacidad permanente o parcial	Incapacidad permanente o parcial
SI	SI	SI
N.A	N.A	N.A
N.A	N.A	N.A
Andamio certificado	Red de seguridad Tipo T	Red de seguridad Tipo T
Ninguno	Existente	Existente
Existente	Ninguno	Existente

Estructura en concreto reforzado	
Curado del concreto	
Si	
Trabajo en borde de placa	
Trabajo en alturas	
Caída de trabajador a diferente nivel	
Ninguno	
Señalización, Delimitación de área	
Punto de anclaje con arnés de cuerpo completo y eslinga de protección contra caídas	
2	
3	
6	
Medio	
8	
30	
=	
#N/A	
Incapacidad permanente o parcial	
Si	
N.A	
N.A	
Baranda	
Existente	
Existente	

## ANEXO C: Diseño de la baranda

### ANEXO C.1.: Memorias de cálculo, baranda fija

Sistema de prevención de caídas tipo baranda fija.

- Cargas:

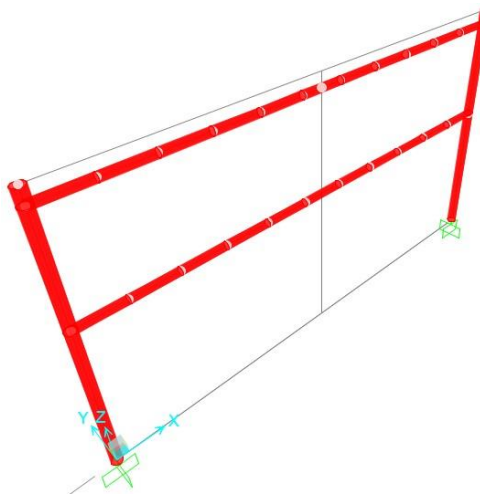
De acuerdo con la resolución 1409 de 2012 expedida por el ministerio del trabajo, el único requisito estructural, es resistir una carga puntual de 200lb (90,2Kg) en el travesaño superior en cualquiera de sus direcciones de trabajo, luego se hicieron aplicaron 2 casos, en dirección normal al plano de la baranda y paralela a la dirección paralela al plano.

- Restricciones geométricas:

1. Los travesaños deben estar separados una máximo una distancia de 48cm
2. La altura de la desde la superficie donde se trabaja hasta el borde superior del travesaño superior debe ser de mínimo 1m.
3. La altura del rodapié debe ser de mínimo 9cm

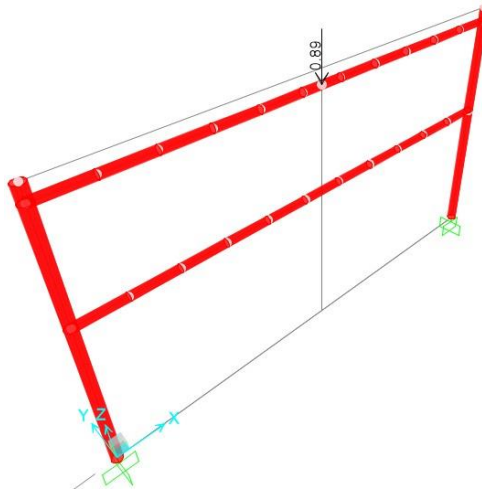
- Modelo y cálculo de los elementos estructurales.

Los perfiles que se utilizaron para los soportes verticales fueron 1¼"x3mm y para los travesaños de 1"x2.5mm. La unión entre el soporte vertical y el travesaño se hace por medio de una rotula que permite el movimiento y el apoyo de los elementos verticales es un empotramiento debido a la conexión que se propone con el cartucho de PVC.

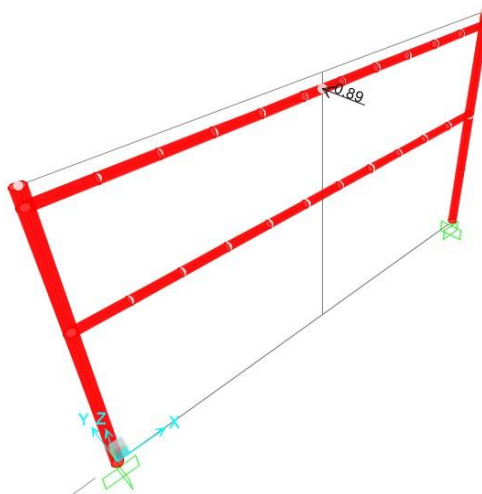


**Figura 1.** Modelo de la baranda. Autores.

Se aplica la carga puntual de 0.89kN en la mitad del travesaño superior en los dos casos asumidos, cuando la carga es horizontal o vertical.

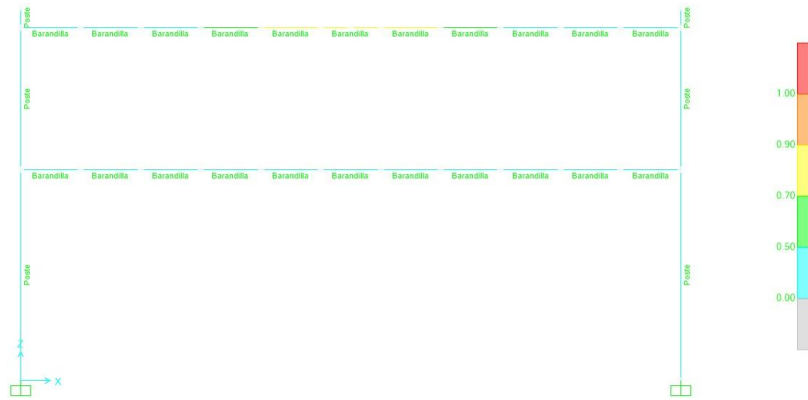


**Figure 2.** Baranda cargada verticalmente. Autores.



**Figura 3.** Baranda cargada Horizontalmente. Autores.

En ambos casos, como es de esperarse, el punto crítico se encuentra en el punto medio del travesaño superior, sin embargo, este no falla.



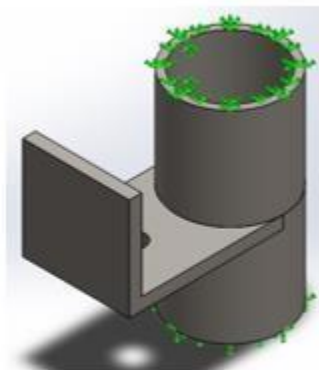
**Figura 4. Análisis de la baranda. Autores.**

Se puede observar que el punto más crítico del travesaño es el punto medio, sin embargo, este no alcanza a fallar por la carga que se le solicita.

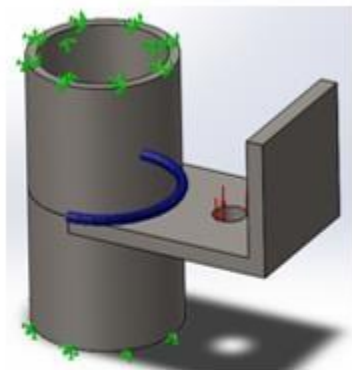
□ Diseño de conexiones

Se modeló la conexión con el software solidworks, conformada por el gancho en donde se apoya el travesaño superior, este utilizando platinas de 5mm de espesor y la geometría especificada en los planos constructivos y un tramo corto del apoyo vertical.

Para el diseño de la conexión tipo cordón de soldadura, se restringió completamente el perfil del apoyo vertical y se asignó la reacción que se obtuvo en el modelo previo en sap2000 producto de la carga de 0.89kN en la mitad del travesaño.



**Figura 5. Modelo gancho de baranda. Autores.**

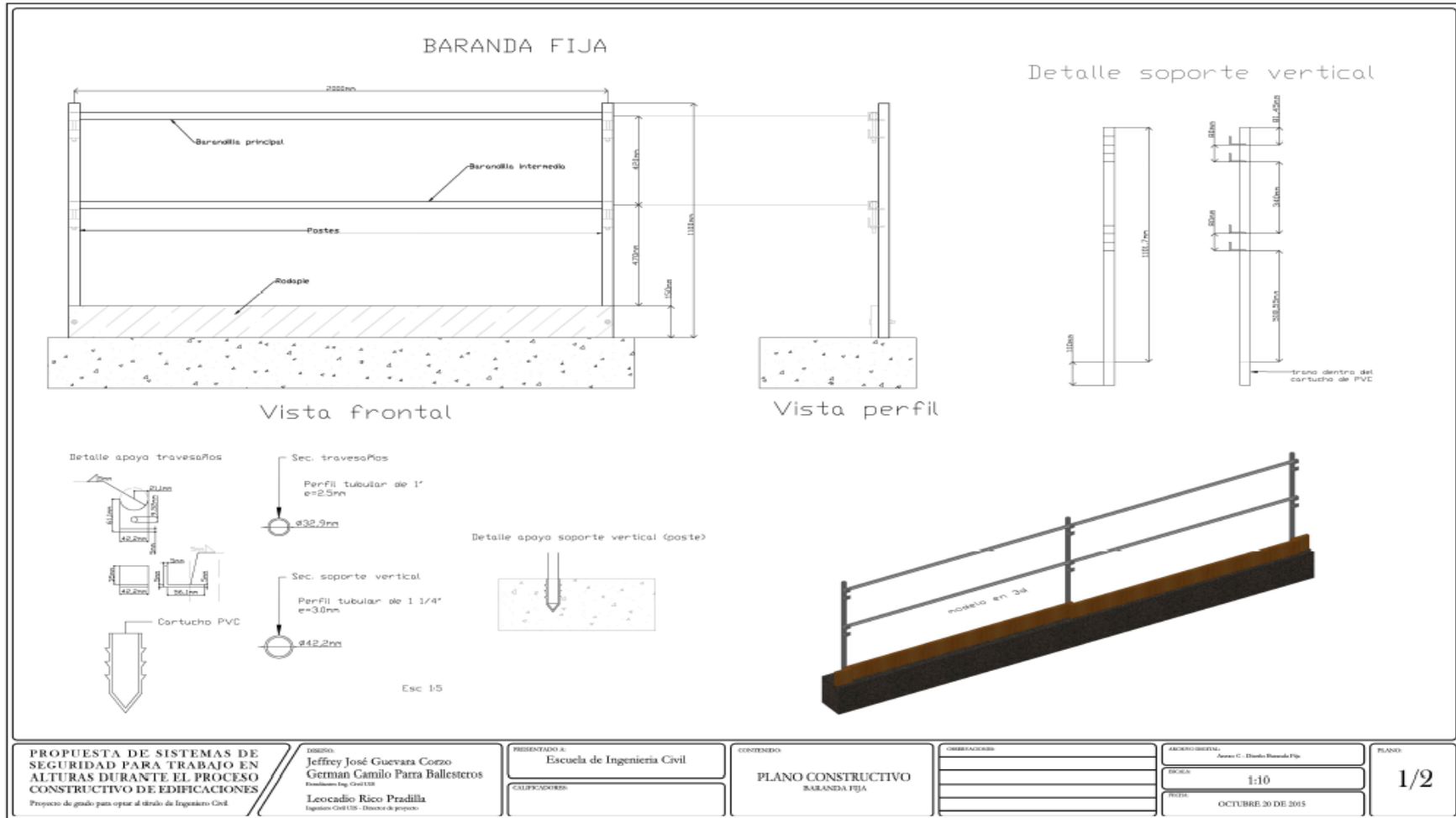


**Figura 6. Asignación de carga y soldadura. Autores.**

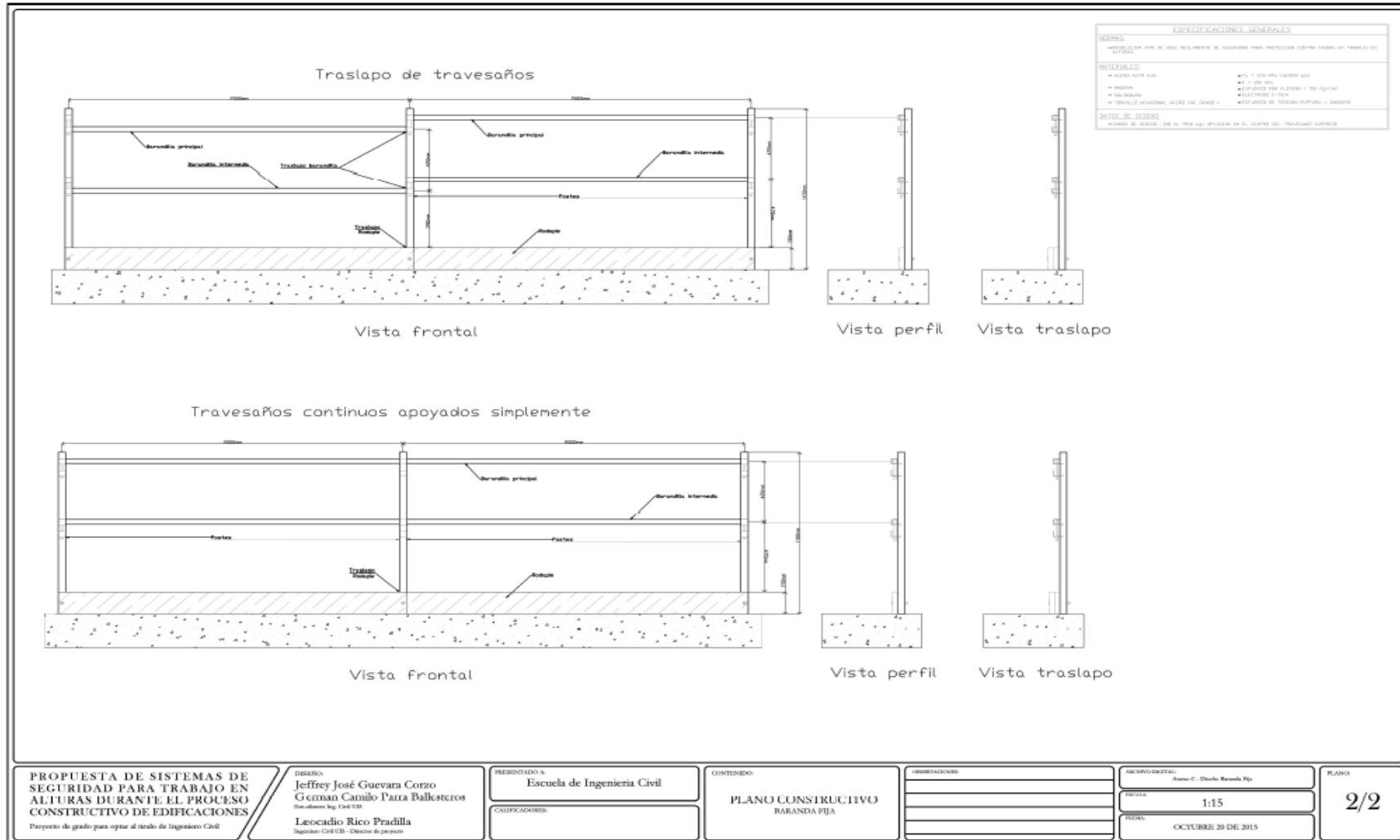
De acuerdo con los resultados obtenidos por el software, se le asignó un espesor a la soldadura de 5mm.

## ANEXO C.2.: Planos constructivos de la baranda

### ANEXO C.2.1: Plano no.1



## ANEXO C.2.2: Plano no.2



**PROPUESTA DE SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJO EN ALTURAS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE EDIFICACIONES**  
 Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil

**DISEÑO**  
 Jeffrey José Guevara Corzo  
 German Camilo Parra Ballesteros  
 Director Ing. Civil UEB  
 Leocadio Rico Pradilla  
 Ingeniero Civil UEB - Director de proyecto

**PRESENTADO A**  
 Escuela de Ingeniería Civil

**CALIFICACIONES**

**CONTENIDO**  
 PLANO CONSTRUCTIVO  
 BARANDA FIJA

**REVISIONES**

**ACORDO DEPARTAMENTO**  
 Area: C. Diseño Revista Pj

**ESCALA**  
 1:15

**FECHA**  
 OCTUBRE 20 DE 2015

**PLANO**

2/2

### ANEXO C.3.: Manual de instrucciones de la baranda.

La baranda hace parte de un sistema de prevención de caídas de manera colectiva. El manual de instrucciones tiene como finalidad dar a conocer al usuario la adecuada forma de instalación de la baranda fija para un correcto uso.

#### Componentes del sistema:

- Soportes verticales: Elemento vertical metálico que sirve de apoyo para los travesaños. Va anclado al borde de placa y su altura no debe ser menor a 1m. (1)
- Travesaño superior: Elemento metálico que se dispone de manera horizontal en la parte superior de los soportes verticales, quedando unido por medio de un tornillo que se asegura. (2)
- Travesaño intermedio: Elemento metálico que se dispone de manera horizontal en el espacio existente entre el travesaño superior y el rodapié. Se une a los soportes verticales por medio de un tornillo que se asegura. (3)
- Rodapiés: Elemento en madera colocado a nivel de suelo que tiene como objetivo evitar la caída de materiales. Su altura no debe ser menor a 9cm. (4)
- Cartucho: Dispositivo que sirve como anclaje para los soportes verticales. Consta de aletas estabilizadores y tapa para evitar que no entre concreto. Su instalación se hace cuando el concreto está fresco.



**Figura 1.** Elementos de una baranda. Fundación laboral de la Construcción. Requisitos técnicos para equipos empleados en los trabajos temporales en altura.

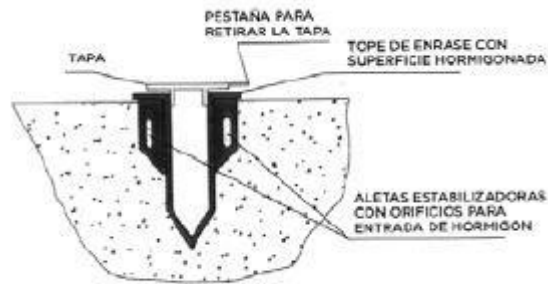


Figura 2. *Detalle cartucho para anclaje de soportes verticales. NTP 803.*

### **Aplicación:**

Su colocación será de forma vertical, y tiene como objetivo prevenir la caída de personas y objetos. Su diseño permite una carga de impacto de 200 libras (90.8 kg).

### **Requisitos de instalación:**

La instalación de la baranda requiere que todos los trabajadores involucrados tengan EPP y puntos de anclaje. Además se debe delimitar el área donde exista el riesgo de caída de objetos.

### **Instalación:**

- Se debe identificar el lugar en donde irán situados los soportes verticales antes de la fundida de la placa.
- Cuando se funda la placa, se deberá colocar los cartuchos en las zonas demarcadas, quedando embebido en el concreto, y se deberá tapar para evitar la entrada de concreto.
- Una vez el concreto se haya endurecido, se retira la tapa y se introducen los soportes verticales quedando anclados.



Figura 3. *Cartucho instalado.*

- Se une el travesaño intermedio a los soportes verticales por medio de tornillos que se aseguran.

- Se une el travesaño superior a los soportes verticales por medio de tornillos que se aseguran.
- Se une el rodapié con los soportes verticales, por medio de tornillos que se aseguran.

#### **Recomendaciones de uso:**

- La baranda es un sistema de prevención de caídas, adicionalmente se debe utilizar un sistema de protección de caídas según lo dicho en la Resolución 1409 de 2012.
- Se recomienda verificar periódicamente las uniones entre travesaños y soportes verticales, y entre el soporte vertical y el casquillo.
- En caso de un impacto que doble algún elemento que compone la baranda, este deberá ser reemplazado.
- Si algún elemento llega a presentar oxidación, debe ser reemplazado de inmediato.

#### **Bibliografía:**

- Resolución 1409. *Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas*. Bogotá DC, Colombia, 23 de Julio de 2012.
- Fundación laboral de la Construcción. *Fichas técnicas sobre medios de protección colectiva en edificaciones. Redes de seguridad*. España. 2004

## ANEXO D: Diseño de la red de seguridad, sistema t

### ANEXO D.1.: Memorias de cálculo red de seguridad, sistema t

Sistema de protección de caídas pasivo tipo red de seguridad sistema T.

- Cargas

Primero se parte del principio de conservación de la carga y del ensayo al cual se verá sometido, partiendo de esto.

$$\begin{aligned}E_i &= E_f \\ \left(\frac{1}{2}mV_i^2 + mgh_i\right) &= \left(\frac{1}{2}mV_f^2 + mgh_f\right) \\ (mgh_i) &= \left(\frac{1}{2}mV_f^2\right) \\ V_f &= \sqrt{2gh_i}\end{aligned}$$

Despejada la velocidad, aplicamos el principio de Trabajo \_ Energía

$$\begin{aligned}W &= \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \\ W &= \frac{1}{2}mv_f^2\end{aligned}$$

Igualando con la formula general de trabajo, e igualando, se obtiene:

$$\begin{aligned}W &= F * d \\ F * d &= \frac{1}{2}m(\sqrt{2gh_i})^2 \\ F * d &= mgh_i \\ F * 0.8m &= (7m) * (100kg) * (9.81 m/s^2) \\ F &= 8575 [N]\end{aligned}$$

Donde la distancia de 0,8 es la deflexión de la malla al momento del impacto, se escoge este el valor dado que es la situación más crítica. La carga se mayor con un factor de seguridad de 1,5 según la norma, UNE-EN 1263-1.

$$\begin{aligned}F &= 8575 * (1.5) \\ F &= 12863N\end{aligned}$$

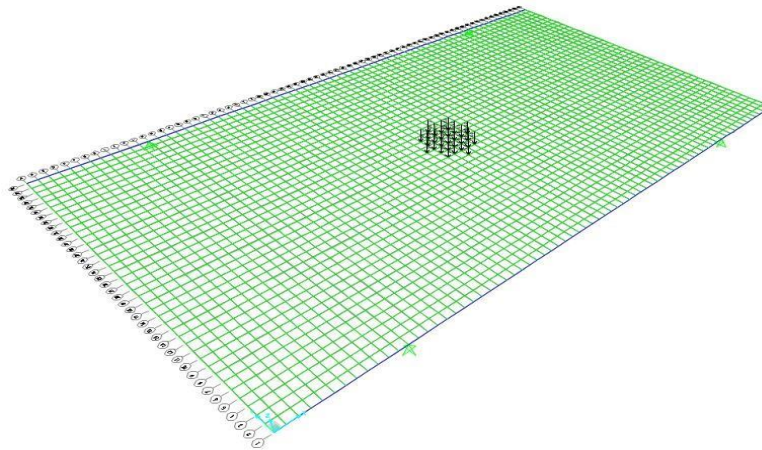
- Restricciones geométricas

1. La malla de la red, debe tener una inclinación de 10% respecto al plano horizontal.
2. La reparación de cada estructura metálica tipo brazo, es de 4m.
3. La longitud de los largueros es de 6m.

- Modelos

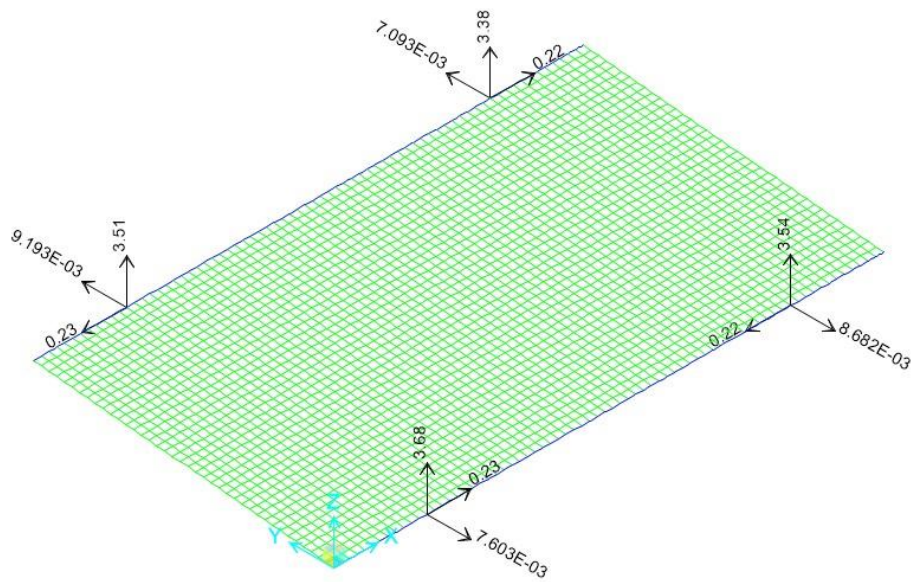
Modelando la red y los largueros para obtener las reacciones que este genera en sus apoyos, se asigna una carga uniformemente distribuida en el centro de la red, en forma circular de radio 50cm.

Los largueros fueron modelados con una sección tubular de acero A36 de 2" x 4mm según recomendación de la Ficha técnica sobre medios de protección colectiva en edificaciones – Redes de seguridad. La malla fue modelada como un elemento tipo cable, donde su función era la transmisión de cargas al larguero y de este a los apoyos.



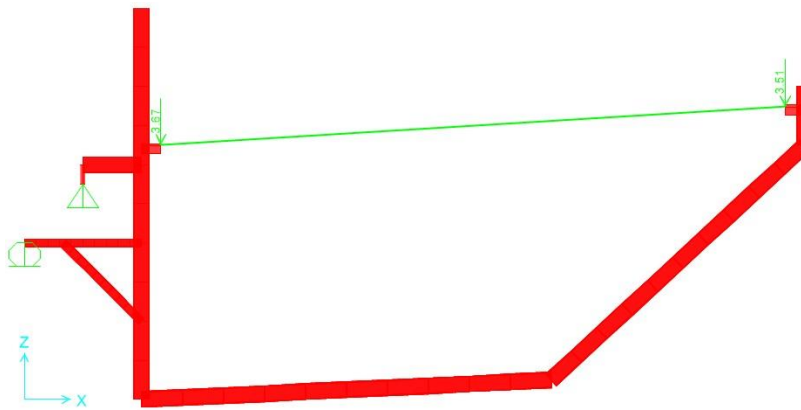
**Figura 1.** Modelamiento de malla y carguero cargados. Autores.

Resolviendo el sistema malla-largueros, se obtienen las reacciones de este.



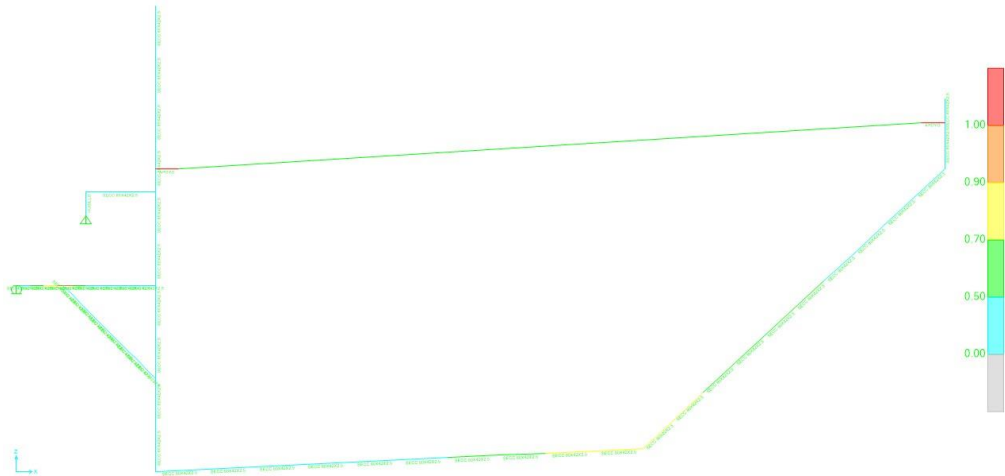
**Figura 2.** Reacciones del Sistema Malla-Larguero en kN. Autores.

Se procede a modelar la estructura metálica tipo brazo, asignando las cargas que se producen en el sistema Malla-Larguero, en los puntos de apoyo. Se utilizaron perfiles tubulares rectangulares 40mm x 40mm x 2.5mm y 80mm x 40mm x 2.5mm, el primero para la construcción de la mordaza inferior y el segundo para lo restante de la estructura, los dos puntos de apoyo se unieron con un elemento tipo cable para restringir el movimiento del brazo ya q este es articulado.



**Figura 3.** Estructura metálica soporte - brazo. Autores.

Evaluando el modelo, obtenemos que los puntos más críticos son, los ganchos en donde se apoya el larguero, una de las conexiones del brazo y una conexión de la mordaza. El primero es debido a la carga transmitida por los largueros, esta conexión se debe considerar por aparte, ya que esta trabaja en el límite plástico, los dos puntos críticos restantes, aunque son críticos, no superan los límites de diseño.

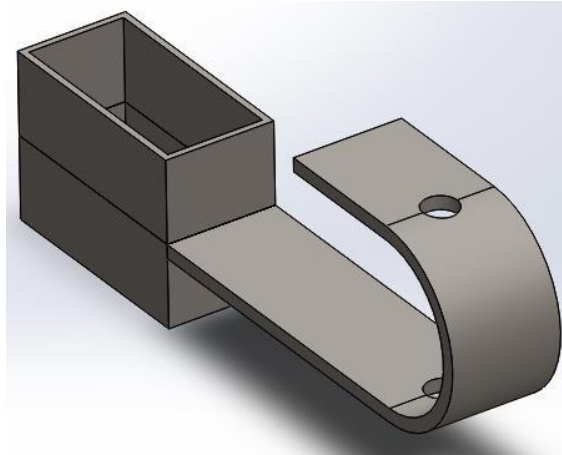


**Figura 4.** Evaluación de la estructura metálica soporte - brazo. Autores.

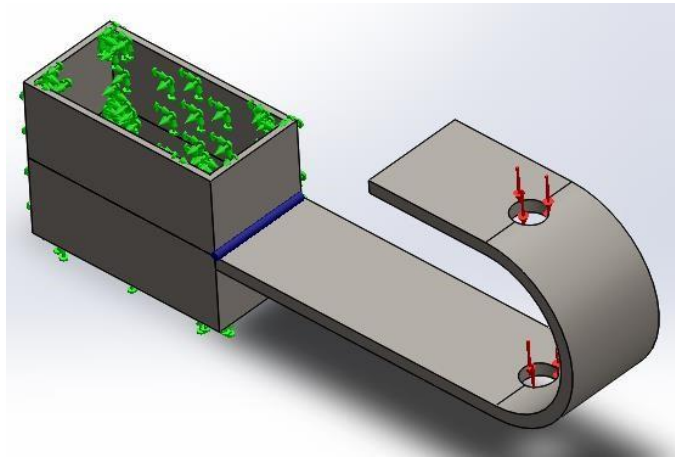
- Diseño de conexiones

De la misma forma que se hizo en el diseño de conexión de la baranda, esta se modeló en Solidworks, utilizando planitas de 5mm de espesor de acuerdo con la geometría especificada en los planos constructivos.

En su modelación se restringió el perfil tubular tipo cajón y se transmitieron las reacciones que se producían en el modelo Malla-Larguero, producto de la carga que es recibida por la malla.

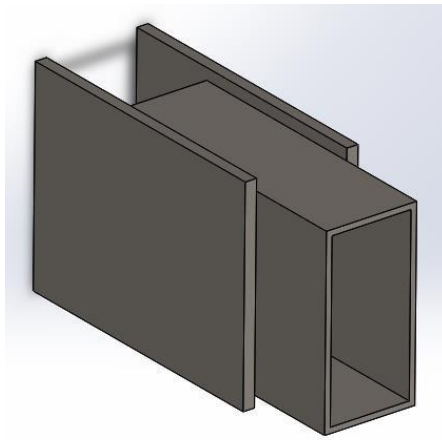


**Figura 5.** Modelo apoyo largueros. Autores.

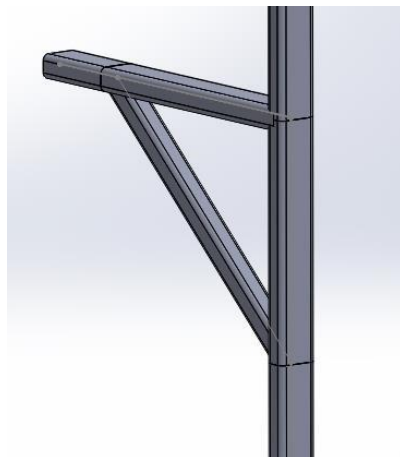


**Figura 6.** Asignación de soldadura y cargas. Autores.

De la misma forma, basándonos en el modelo realizado en sap2000, se modelaron en Solidworks, las conexiones o nudos que se presentan en la mordaza inferior y en los nodos de la estructura tipo brazo, este último conformado por la unión Platinas-Perfiles, se transmitieron las reacciones que se generan, producto de la transmisión de cargas.



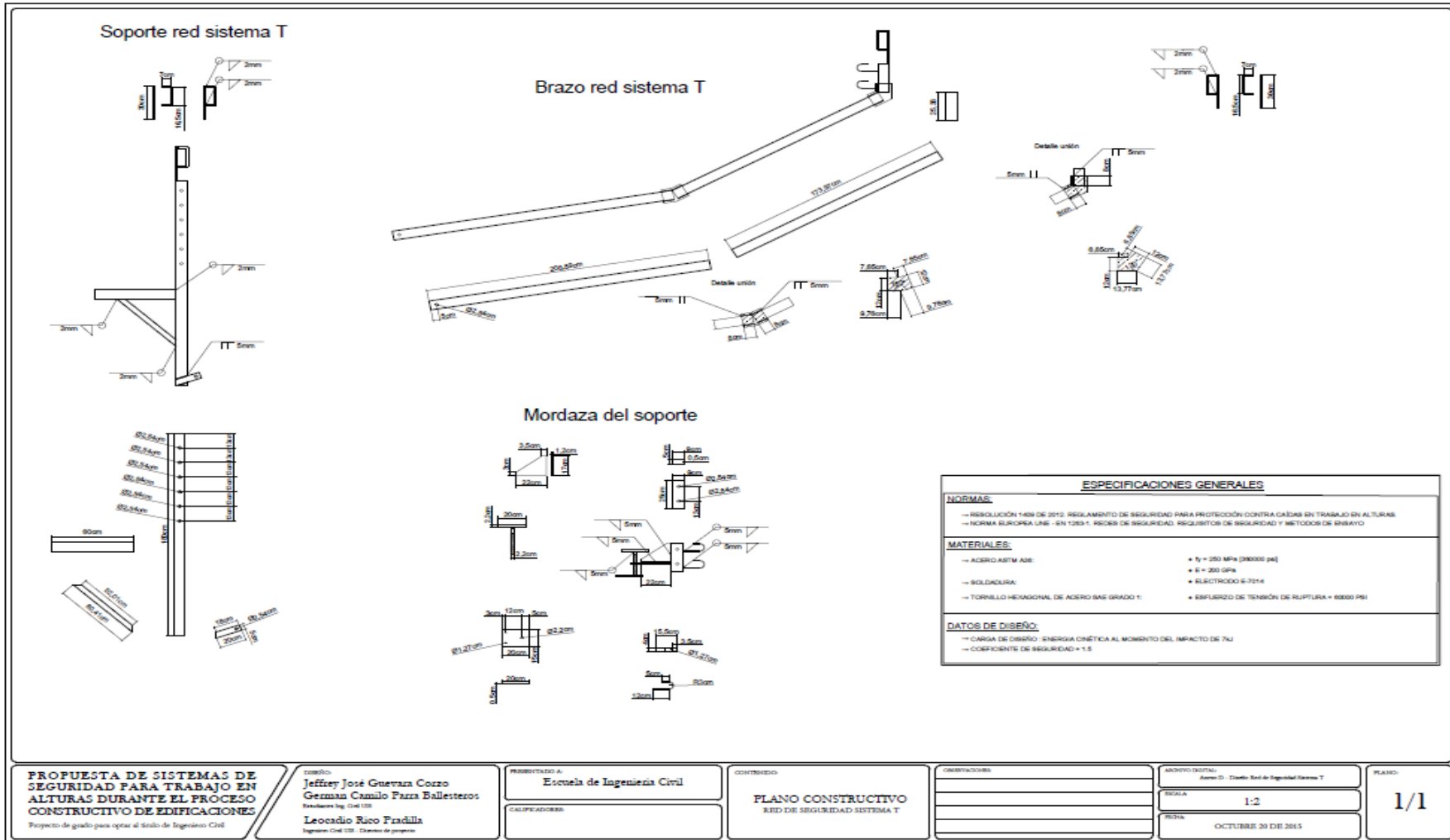
**Figura 7.** Modelado platina. Autores.



**Figura 8.** *Modelado parte inferior mordaza. Autores.*

De acuerdo con los resultados obtenidos por el software y considerando que en la realidad, el gancho recibirá una carga de impacto, se le asignó un cordón de soldadura con un espesor a la soldadura de 5mm en las dos aristas, en las que se permite soldar. En conexiones tipo Platinas-perfiles, se asignó un cordón de soldadura de 5mm de ancho y 8 cm de longitud, en todas las aristas soldables del perfil y en las conexiones de la mordaza, cordones de soldadura de 2,5mm de espesor.

## ANEXO D.2.: Planos constructivos red de seguridad, sistema T



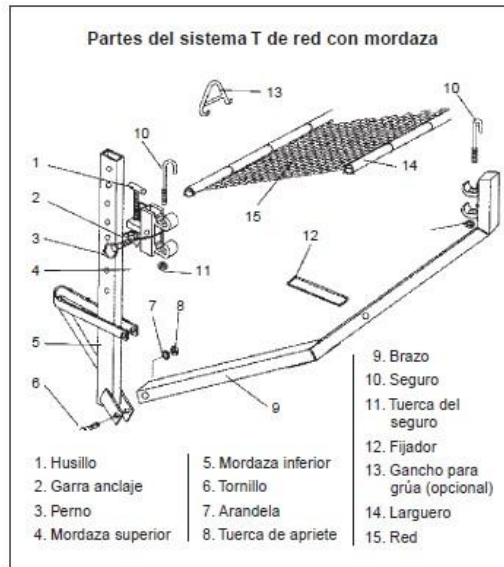
### **ANEXO D.3.: Manual de instrucciones red de seguridad, sistema t**

La red de seguridad Sistema T forma parte de un sistema colectivo de detección de caídas, el cual busca prevenir y proteger la caída según como se disponga en obra. El manual de instrucciones tiene como finalidad dar a conocer al usuario la adecuada forma de instalación de la red de seguridad para un correcto uso.

#### **Componentes del sistema:**

- Paño de red: Malla que recibe el impacto en caso de caída.
- Cuerda de atado: Se utiliza para atar la malla al larguero.
- Cuerda de unión: Empleada para hacer el traslape entre dos redes. No debe haber un espacio mayor a 10 cm sin sujetar. La distancia mínima de traslape es de 0.75 m.
- Largueros: Tubos metálicos por los que se introduce la red. Deben ser de un material que tenga una deformación plástica óptima, para que forme junto con el paño de red, una bolsa de recogida. En el sistema hay dos tipos de larguero, superior que va enganchado al brazo con un seguro, y el inferior que va enganchado a la mordaza del soporte con un seguro.
- Soporte: Elemento metálico al que se acopla el larguero inferior. Consta de dos partes, la base que es la que ejerce la fuerza sobre la estructura de apoyo, y la mordaza que está compuesta por un husillo que sirve para fijar la mordaza a la estructura de apoyo. En la mordaza se fija el larguero inferior con un seguro, y en la parte inferior del soporte se dispone un seguro para fijar el brazo.
- Brazo: Elemento metálico que se une al soporte por medio de un tornillo con seguro. Sirve para fijar el larguero superior. El brazo puede girar en un plano perpendicular a la placa de apoyo.
- Fijador: Componente del brazo que sirve para colocar la red de forma vertical, uniéndolo a la mordaza del soporte.

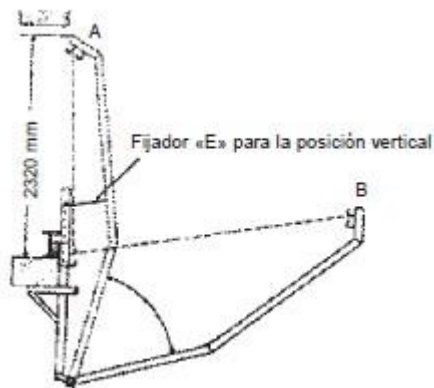
La unión del paño de red, junto con dos soportes y brazos, y larguero superior e inferior, componen un módulo. El módulo puede ser independiente si no comparte el soporte y brazo con otro, o de ampliación si comparte el soporte y el brazo.



**Figura 1.** Partes de la red de seguridad sistema T. **Fuente:** NTP 804

**Aplicaciones:**

- Vertical: La red de seguridad se puede disponer de forma vertical, actuando como un sistema de prevención de caídas.
- Horizontal: Cuando se dispone la red de forma horizontal, actúa como un sistema de protección de caídas. Se debe disponer la red con un inclinación mínima de 10% con respecto a la horizontal en dirección hacia el interior de la obra.



**Figura 2.** Aplicaciones de la red de seguridad sistema T. **Fuente:** NTP 804

**Tabla 1.** *Requerimiento de distancia para instalación de red de seguridad.*

Distancia vertical desde la superficie donde se camina y/o trabaja hasta la superficie horizontal de la red	Distancia mínima horizontal requerida desde el borde externo de la malla hasta el borde de la superficie de trabajo
1.5 m	2.4 m
Más de 1.5 m hasta 3 m	3 m
Más de 3 m	4 m

**Fuente:** Resolución 1409 de 2012

### **Requisitos de instalación:**

La instalación de la red de seguridad sistema T, se debe hacer garantizando la seguridad de todos los trabajadores involucrados. Se recomienda el uso de EPP con puntos de anclaje durante la instalación de la red de seguridad, y delimitación del área donde exista el riesgo de caída de objetos.

### **Instalación:**

- En primer lugar se deberá identificar el lugar en donde irán ancladas las mordazas de los soportes. Los soportes tendrán una separación de 4m para mallas de dimensiones 3m x 6m. El traslape entre mallas no será menor a 1m, para módulos de ampliación. Para módulos independientes, la separación entre diferentes módulos no será mayor a 0.5m.
- Retirar los sistemas de prevención de caídas existentes en el lugar de instalación, y usar los sistemas de prevención y protección adecuados para la instalación de la red de seguridad.
- Unir el brazo al soporte por medio de un tornillo.
- Por los lados de mayor medida (6m) introducir el larguero por cada ojo de la malla, y unir con cuerda de atado.
- Enrollar la red sobre un larguero, dejando el otro libre. Colocar los brazos y el soporte sobre el suelo, de tal manera que ambos queden en posición horizontal.
- Colocar el larguero libre, sobre su apoyo en el brazo. La unión se hará con un tornillo y se asegurara. Se debe repetir el procedimiento para ambos extremos del larguero, dejando una luz libre de 4m.
- Se desenrolla la red hasta que el larguero inferior llegue a su apoyo en la mordaza del soporte. Se asegura con un tornillo en ambos extremos del larguero, manteniendo la luz libre de 4m.
- Desplazar el modulo hasta su punto de instalación, manteniendo los brazos posición vertical utilizando el fijador. Se puede utilizar una grúa como ayuda para evitar la caída del módulo.
- Ajustar la mordaza del soporte, y apretar el husillo girándolo en el sentido de las agujas del reloj. La superficie debe estar libre de impurezas.
- Realizar orificios en donde se colocaran anclajes que ayudaran al agarre con la estructural de apoyo.

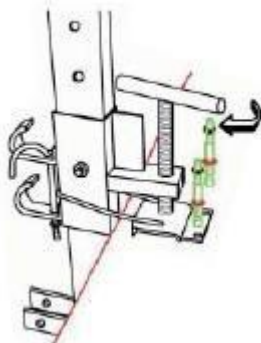


Figura 3. *Detalle sujeción de la mordaza del soporte. Fuente: Fichas técnicas sobre medios de protección colectiva en edificación. Redes de seguridad.*

- De ser posible, la sujeción de la mordaza se debe hacer para ambos soportes de manera simultánea.
- Se realizara el mismo procedimiento con el siguiente modulo, teniendo en cuenta que el traslapo se debe hacer con la red en posición vertical y debe ser como mínimo de 0.75m.
- Atar una cuerda de longitud recomendada 5m, en el larguero superior, al lado de cada unión con el brazo.
- Desbloquear el fijador, y con ayuda de las cuerdas hasta la posición horizontal. Las cuerdas quedaran atadas al módulo, para poder colocar la red de manera vertical si es necesario.
- Instalar nuevamente los sistemas de prevención de caídas existentes.

#### **Recomendaciones de uso:**

- Todo material que caiga en la red deberá retirarse inmediatamente.
- No se debe usar para almacenar material.
- No se puede usar como superficie de trabajo.
- En caso de que se produzca caída de personas u objetos, la red solo podrá volverse a utilizar después de la revisión y autorización de una persona competente.
- La distancia entre la malla y los objetos que se encuentran por debajo, debe ser mayor a la deformación de la red. Se recomienda 3m.
- Se debe cumplir con las distancias de la Tabla 1.
- El traslado a otras plantas se deberá hacer con la ayuda de grúa, realizando el agarre desde el larguero superior y con la red en posición vertical.
- El sistema debe ser inspeccionado semanalmente.

**Bibliografía:**

- Resolución 1409. *Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas*. Bogotá DC, Colombia, 23 de Julio de 2012.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Notas Técnicas de Prevención NTP 804. Encofrado horizontal protecciones colectivas*. Barcelona, España, 2008.
- Fundación laboral de la Construcción. *Fichas técnicas sobre medios de protección colectiva en edificaciones. Redes de seguridad*. España. 2004

## ANEXO E: Diseño punto de anclaje

### ANEXO E.1.: Memorias de cálculo punto de anclaje.

Sistema de protección de caídas activo tipo punto de anclaje.

- Cargas

De acuerdo a la resolución 1409 de 1012, los puntos de anclajes tienen como único requisito, resistir una carga de 22.2kN, de la misma manera que se hizo con la baranda, esta carga se aplicara tanto horizontal como vertical. Suponiendo un área de contacto gancho-punto de anclaje de 12.7mmx6.35mm, este producirá un esfuerzo de

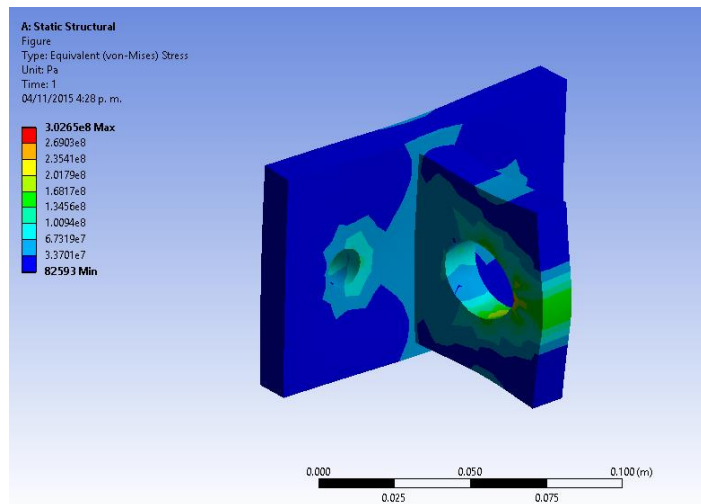
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{22200 \text{ N}}{(0.0127 * 0.00635) \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 275434243 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

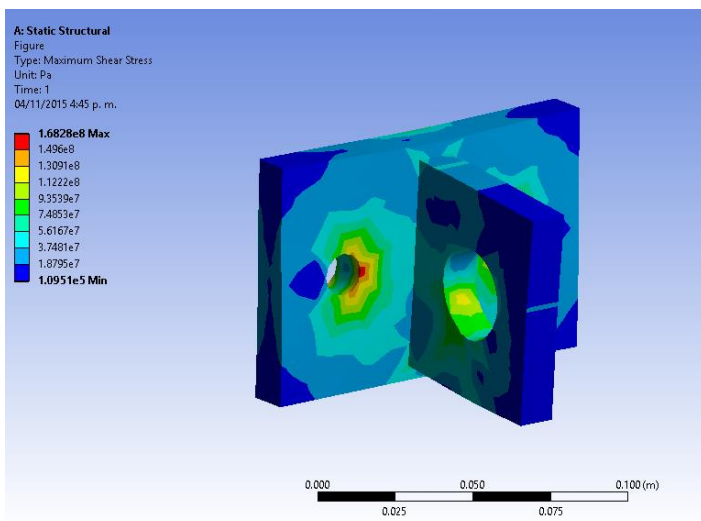
- Modelos

Dentro de la etapa de diseño del dispositivo de anclaje, se modelo en primera instancia un prototipo compuesto de por dos platinas con los agujeros necesarios para la instalación de los anclajes y los sistemas de seguridad.

A este primer modelo se aplicaron cargas que sometían al anclaje a tracción y a cortante, en donde utilizando el software ANSYS se obtuvieron diferentes representaciones gráficas para los distintos estados de esfuerzo

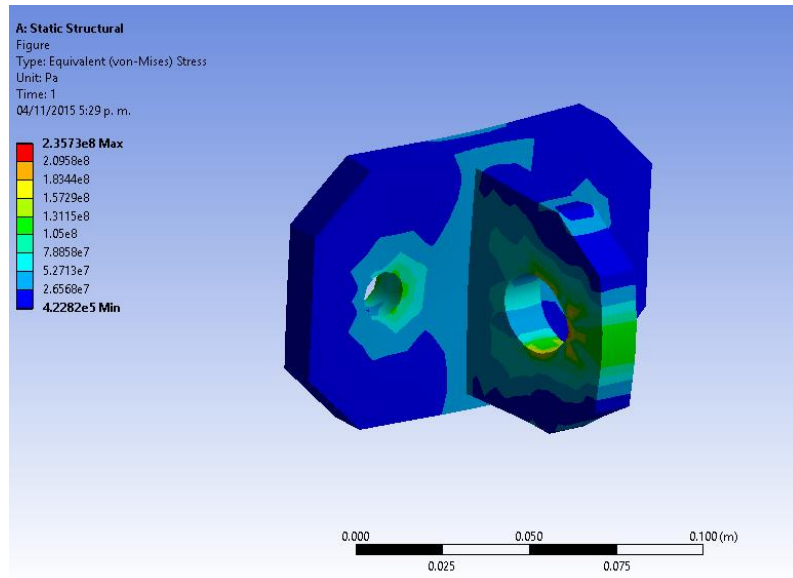


**Figura 1.** 1er prototipo analizado en ANSYS con fuerza axial

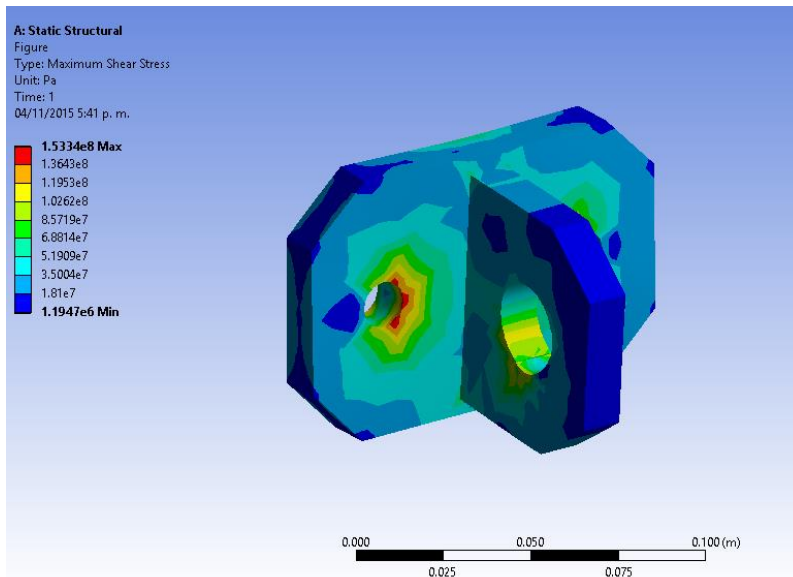


**Figura 2.** 1er prototipo analizado en ANSYS con fuerza cortante

Se eliminaron con cortes de tipo chaflán, las zonas de las dos planas en donde el material no presentaba esfuerzos que fueran considerables, generando así un segundo prototipo, que nuevamente se modela y se analizan los esfuerzos a los cuales se ve sometido, así comprobando que este no presente inconvenientes.

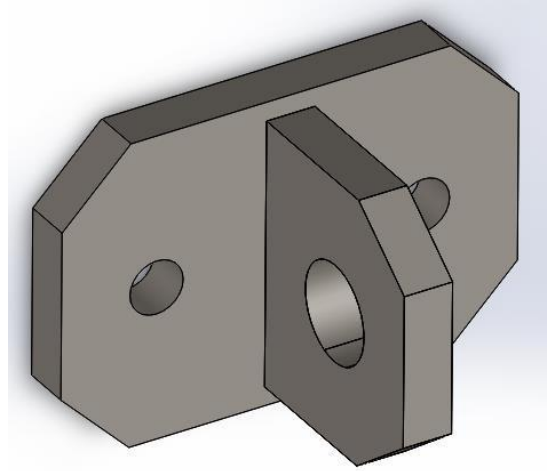


**Figura 3.** 2do prototipo analizado en ANSYS con fuerza cortante



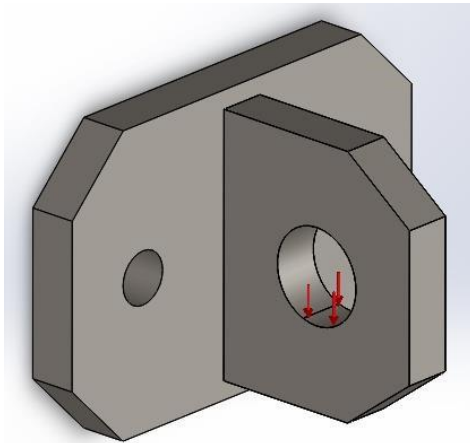
**Figura 4.** 2do prototipo analizado en ANSYS con fuerza cortante

Se realiza el modelo del 2do prototipo del punto de anclaje en Solidworks utilizando platinas de  $\frac{1}{2}$ " y todas las dimensiones especificadas en el plano constructivo del punto de anclaje.

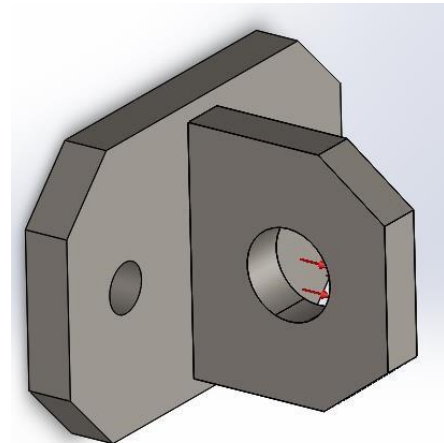


**Figura 5.** *Modelo en Solidworks.*

Se modela en punto de anclaje donde se le asigna las dos condiciones de carga, en dirección horizontal y vertical, cuando este se verá sometido a tracción y a cortante.

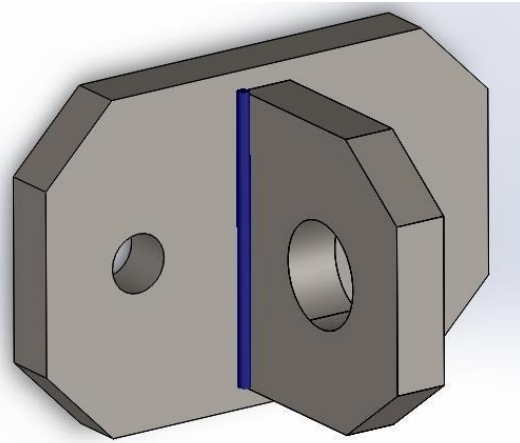


**Figura 6.** *Modelo con carga vertical.*

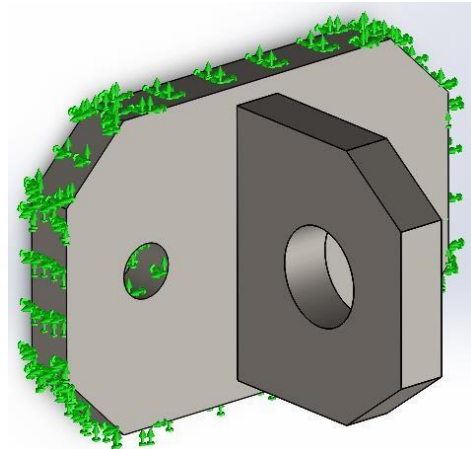


**Figura 7.** *Modelo con carga horizontal.*

□ Cálculo de conexiones:



**Figure 4.** Asignación de soldadura.



**Figure 5.** Restricción de movimiento.

Asignando la soldadura en el software Solidworks, y restringiendo el movimiento, se asignan las cargas al punto de anclaje, donde el software propone un espesor de 8 mm, con el fin de que se resistan las cargas.

- Diseño de anclajes:

Para el diseño de los anclajes, se propuso el anclaje por expansión HSL-3-SH M8 y se supuso un área de concreto para anclar de 30cmx30cm, se basó en la NSR-10 título C-D, en donde se analizan los siguientes casos de falla.

1. Resistencia a tracción del acero del anclaje:

$$N_{sa} = n * A_{se,N} * f_{uta}$$

Siendo

$$f_{uta} = 800 \text{ MPa}$$

$$A_{se,N} = 36.6 \text{ mm}^2$$

$$n = 2$$

Luego reemplazando obtenemos

$$N_{sa} = (2) * (36.6 \text{ mm}^2) * (800 \text{ MPa}) = 58 \text{ kN}$$

2. Resistencia al cortante del acero del anclaje:

$$V_{sa} = n * A_{se,V} * f_{uta}$$

Donde

$$f_{uta} = 800 \text{ MPa}$$

$$A_{se,N} = 36.6 \text{ mm}^2$$

$$n = 2$$

Luego reemplazando obtenemos

$$V_{sa} = (2) * (36.6 \text{ mm}^2) * (800 \text{ Mpa}) = 58 \text{ kN}$$

3. Resistencia al arrancamiento del concreto por tracción

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nc0}} * \psi_{ec,N} * \psi_{ed,N} * \psi_{c,N} * \psi_{cp,N} * N_b$$

Donde:

$$A_{Nc} = (70 \text{ mm} + 2 * (1.5 * 60 \text{ mm})) * (3 * 60 \text{ mm}) = 45000 \text{ mm}^2$$

$$A_{Nc0} = (3 * 60)^2 = 32400 \text{ mm}^2$$

$$\psi_{ec,N} = 1$$

$$\psi_{ed,N} = 1$$

$$\psi_{c,N} = 1.4$$

$$\psi_{cp,N} = 1$$

$$N_b = 7\sqrt{21}(60^{1.5}) = 14.9 \text{ kN}$$

Reemplazando los valores obtenemos

$$N_{cbg} = \frac{45000}{32400} 1.4 * 14.9 = 28.97 \text{ kN}$$

4. Resistencia al arrancamiento del concreto por cortante

$$V_{cbg} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vc0}} * \psi_{ec,V} * \psi_{ed,V} * \psi_{c,V} * \psi_{h,V} * V_b$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
A_{vc} &= (115.5\text{mm})(300\text{mm}) = 34650 \text{ mm}^2 \\
A_{vc0} &= (115.5\text{mm})(231\text{mm}) = 26680.5 \text{ mm}^2 \\
\psi_{ec.v} &= 1 \\
\psi_{ed.v} &= 1 \\
\psi_{c.v} &= 1 \\
\psi_{h.v} &= 1.4 \\
V_b &= 0.6(8)^{0.2}\sqrt{12\text{mm}} * \sqrt{21} * (77)^{1.5} = 14.34 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Reemplazando en la ecuación, obtenemos:

$$V_{cbg} = \frac{34650}{26680.5} * 1.4 * (14.34) = 26.07 \text{ kN}$$

5. Resistencia a la extracción por deslizamiento del anclaje por tracción

$$N_{pn} = \psi_{c.p} * N_p$$

Donde

$$\begin{aligned}
\psi_{c.p} &= 1.4 \\
N_p &= 146.4 * 8 * 21 = 24.59 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Luego reemplazando obtenemos

$$N_{pn} = 1.4 * 24.59 = 34.43 \text{ kN}$$

6. Resistencia al desprendimiento del concreto por cabeceo por cortante

$$V_{cpg} = K_{c.p} * N_{cbg}$$

Donde

$$\begin{aligned}
K_{c.p} &= 1 \\
N_{cbg} &= 28.97
\end{aligned}$$

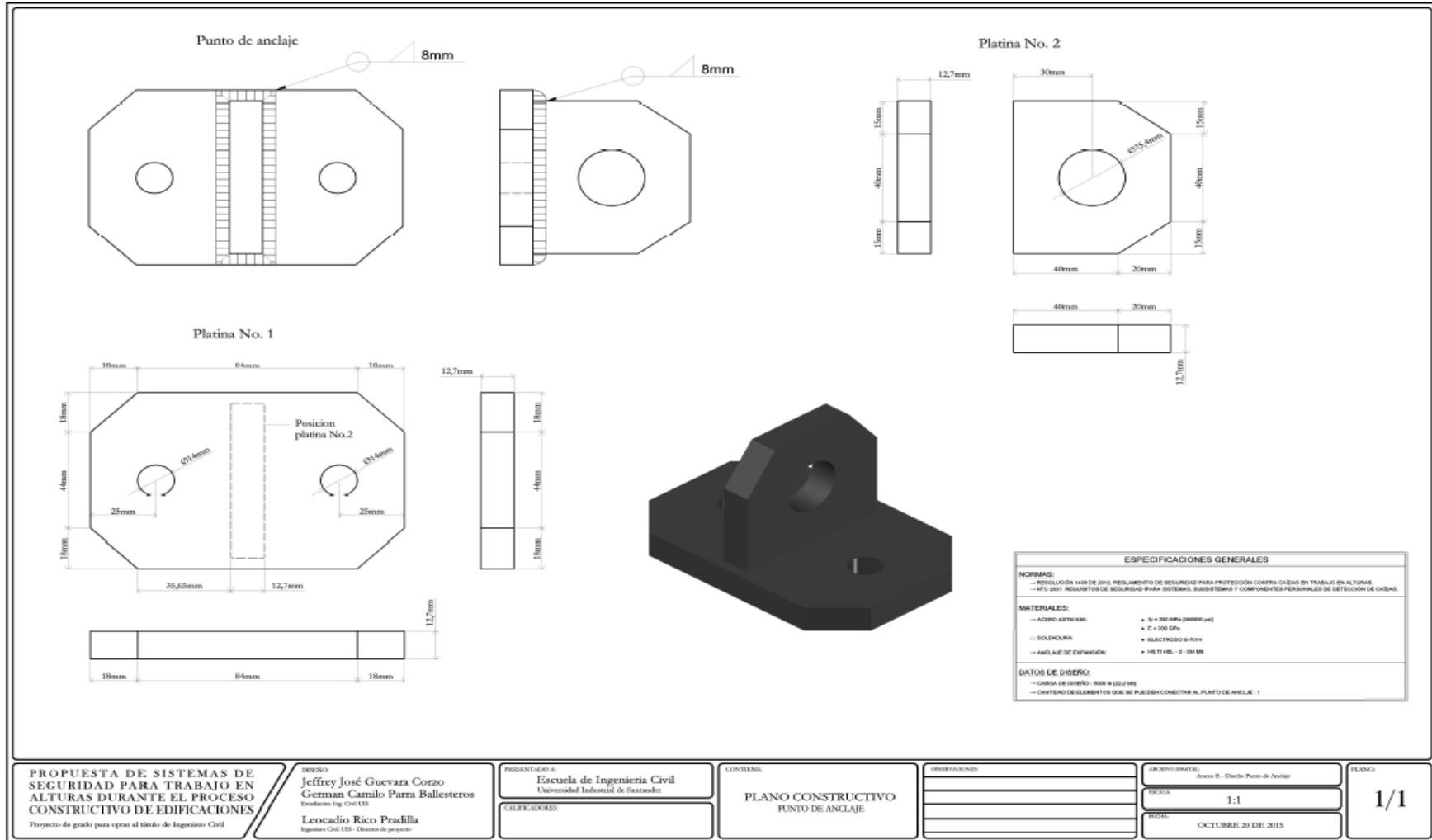
Luego reemplazando obtenemos

$$V_{cpg} = 1 * 28.97 = 28.97 \text{ kN}$$

Asignando los valores 0.75 y 0.9 para  $\phi$ , para resistencia a cortante y a tracción respectivamente, comparamos los valores obtenidos con la carga que se asigna.

Tipo de fuerza	Caso	Carga nominal [kN]	Carga ultima [kN]	Resistencia mínima [kN]
Tracción	Nsa	58.00	52.20	26.07
	Ncbg	28.97	26.07	
	Npn	34.43	30.99	
Cortante	Vsa	58.00	43.50	22.55
	Vcbg	26.07	22.55	
	Vcpq	28.97	22.73	

## ANEXO E.2.: Plano constructivo punto de anclaje



### ANEXO E.3.: Manual de instrucciones, punto de anclaje

El punto de anclaje es un sistema individual, que combinado con EPP, busca proteger la caída del trabajador. El manual de instrucciones tiene como finalidad dar a conocer al usuario la adecuada forma de instalación del punto de anclaje para un correcto uso.

#### Componentes del sistema:

- Platina de punto de anclaje
- Tornillos

#### Aplicación:

El punto de anclaje puede ser parte de un sistema de detección de caídas, un sistema de restricción, y un sistema de posicionamiento.

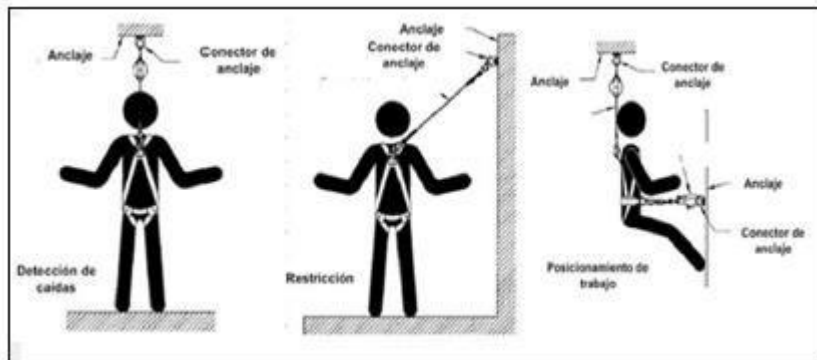


Figura 1. Usos del punto de anclaje. Conectores de anclaje para trabajo en alturas. Trabajo de grado Ingeniería Mecánica.

Cabe recordar que las diferentes aplicaciones del punto de anclaje deben ir acompañadas de EPP, como por ejemplo líneas de vida, o arnés de cuerpo completo y eslinga.

#### Requisitos de instalación:

Los trabajadores encargados de instalar puntos de anclaje deben tener todos los elementos de protección personal necesarios para evitar accidentes (guantes, casco, botas punta de acero, gafas de seguridad). Además, si en la instalación del punto de anclaje hay riesgo de caída, se debe utilizar un sistema de prevención y/o protección de caídas.

#### Instalación:

- Taladrar los orificios en donde se pondrán los anclajes, según diámetro y profundidad especificada en el diseño.
- Limpiar el interior del orificio, eliminando todo el polvo posible.
- Instalar el tornillo, haciendo coincidir el orificio de la platina con el hecho en la estructura.
- Girar el tornillo hasta que quede asegurado.

**Recomendaciones de uso:**

- El punto de anclaje debe ser utilizado por solo un sistema individual.
- Luego de instalado el punto de anclaje, se recomienda probarlo realizando una prueba de carga de 5 kN a tracción.
- La ubicación del punto de anclaje se debe hacer en un lugar de la estructura donde sea capaz de soportar la carga generada en el punto (5000 lb o 22.2 kN).

**Bibliografía:**

- Resolución 1409. *Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas*. Bogotá DC, Colombia, 23 de Julio de 2012.
- BLANCO GOMEZ, J.E. PRIETO, V.A. *Conectores de anclaje para trabajo en alturas*. Director: Jabid Eduardo Quiroga. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería mecánica, 2013.

**ANEXO F: Registro fotográfico.**



**Fotografía No.1:** Sistema de mordaza de la red tipo T diseñada.



**Fotografía No.2:** Instalación del sistema tipo T diseñada.