

**ASPECTOS CONSIDERADOS EN EL CONTROL DE CALIDAD DE LAS ACTIVIDADES PARA LAS  
ESTRUCTURAS METÁLICAS UTILIZADAS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICO INDUSTRIAL**

**GUSTAVO JIMÉNEZ (I.E.T.G.J.), SOGAMOSO, BOYACÁ.**

Erika Paola Quiroga Bohórquez



UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Ingeniería Civil, Facultad de ingeniería Civil

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C

2023

**Aspectos considerados en el control de calidad de las actividades para las Estructuras Metálicas utilizadas en la Institución Educativa Técnico Industrial Gustavo Jiménez (I.E.T.G.J.), Sogamoso, Boyacá.**

**Erika Paola Quiroga Bohórquez**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil**

**Director: Ing. César Augusto Colorado Andrade.**



**UNIVERSIDAD**  
**La Gran Colombia**

Vigilada MINEDUCACIÓN

Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C.

2023

## Tabla de Contenido

<b>RESUMEN .....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
OBJETIVO GENERAL .....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
<b>RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO .....</b>	<b>20</b>
INFORME DIAGNOSTICO DEL PROYECTO .....	20
ANTECEDENTES DEL PROYECTO .....	20
<i>Información Técnica del Proyecto.....</i>	<i>23</i>
<i>Registro Fotográfico - I.E.T.I.G.J. – Etapa Diagnostico.....</i>	<i>25</i>
<i>Estructuras Metálicas .....</i>	<i>28</i>
<i>Especificaciones técnicas de las Estructuras Metálicas .....</i>	<i>31</i>
<i>Planos de taller .....</i>	<i>33</i>
<i>Almacenamiento.....</i>	<i>34</i>
<i>Fabricación .....</i>	<i>35</i>
<i>Soldadura.....</i>	<i>36</i>
<i>Fijaciones .....</i>	<i>36</i>
<i>Anclajes y empotramientos .....</i>	<i>37</i>
<i>Miscelánea.....</i>	<i>37</i>
<i>Ensamble .....</i>	<i>38</i>
<i>Instalación .....</i>	<i>38</i>
<i>Conexiones.....</i>	<i>38</i>

ASPECTOS EN EL CONTROL DE CALIDAD PARA LAS ESTRUCTURAS METALICAS	4
<i>Pintura</i> .....	39
<i>Materiales requeridos para la ejecución de actividades</i> .....	39
<i>Planos de las estructuras metálicas del proyecto</i> .....	40
MEMORIAS DE CÁLCULO.....	46
FICHAS TÉCNICAS DE INSUMOS DE CONSTRUCCIÓN .....	50
<i>Perfiles</i> .....	51
<i>Pintura</i> .....	54
NORMATIVIDAD .....	56
<b>PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS.....</b>	<b>58</b>
PATOLOGÍAS EN LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS .....	64
<i>Procesos mecánicos</i> .....	65
<i>Procesos químicos</i> .....	66
<b>ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....</b>	<b>68</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS PARA CONSIDERAR EN EL PROCESO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE INSUMOS Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS.....</b>	<b>71</b>
INSUMOS.....	71
<i>Recepción de Insumos en obra</i> .....	71
<i>Traslado de materiales</i> .....	73
<i>Almacenamiento de los Insumos</i> .....	74
PROCESOS CONSTRUCTIVOS.....	76
<i>Verificación e inspección superficial</i> .....	76
<i>Verificación e Inspección de Limpieza</i> .....	77
<i>Verificación e Inspección de soldaduras</i> .....	81
<i>Verificación e Inspección estático de uniones</i> .....	82
<i>Inspección en la aplicación de pintura</i> .....	84

ASPECTOS EN EL CONTROL DE CALIDAD PARA LAS ESTRUCTURAS METALICAS	5
<i>Inspección final y de cierre</i> .....	86
ACTA DE RECEPCIÓN DE OBRA TERMINADA .....	87
ASPECTOS FÍSICOS DEL ENTORNO .....	89
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>91</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>93</b>
<b>LISTA DE REFERENCIAS</b> .....	<b>95</b>

**Tabla de Ilustraciones**

<b>Figura 1</b> Ubicación del Proyecto.....	20
<b>Figura 2</b> Esquema de la I.E.T.G.J.....	23
<b>Figura 3</b> Bloque C - Fachada frontal de la I.E.T.I.G.J.....	25
<b>Figura 4</b> Bloque F - Fachada frontal de la I.E.T.I.G.J.....	25
<b>Figura 5</b> Bloque B y Bloque D –Panorámica de Zonas exteriores .....	25
<b>Figura 6</b> Bloque D - Estructura Metálica de un aula básica.....	25
<b>Figura 7</b> Bloque E- Estructura Metálica de un aula básica .....	26
<b>Figura 8</b> Bloque E - Estructura Metálica de un laboratorio.....	26
<b>Figura 9</b> Bloque E1 - Estructura Metálica de Aulas Básicas.....	26
<b>Figura 10</b> Bloque E2 Estructura Metálica de Aulas Básicas.....	26
<b>Figura 11</b> Bloque E2 – Panorámica de aulas .....	26
<b>Figura 12</b> Bloque E2 y Bloque D – Panorámica Zonas exteriores.....	26
<b>Figura 13</b> Bloque F – Fachada frontal.....	27
<b>Figura 14</b> Bloque G- Fachada frontal.....	27
<b>Figura 15</b> Bloque G – Fachada frontal .....	27
<b>Figura 16</b> Bloque G - Estructura Metálica del Centro de recursos.....	27
<b>Figura 17</b> Bloque G- Estructura Metálica existente en el centro de recurso .....	28
<b>Figura 18</b> Bloque G – Vista lateral de la estructura metálica centro de recurso .....	28
<b>Figura 19</b> Bloque E y Bloque F - Panorámica anterior.....	28

<b>Figura 20</b> Bloque E y Bloque F – Panorámica frontal .....	28
<b>Figura 21</b> Bloque G - Estructura Metálica (Presencia de Oxidación) .....	30
<b>Figura 22</b> Bloque G - Estructura Metálica Existente (Presencia de Corrosión) .....	30
<b>Figura 23</b> Bloque E - Estructura Metálica - Aulas de clase (Deterioro en la capa exterior) .....	30
<b>Figura 24</b> Bloque E - Estructura Metálica - Aulas de clase (Deterioro en la capa exterior) .....	30
<b>Figura 25</b> Bloque F - Estructura Metálica - Aulas de clase (Deterioro en la capa exterior) .....	31
<b>Figura 26</b> Bloque F - Estructura Metálica - Aulas de clase (Deterioro en la capa exterior) .....	31
<b>Figura 27</b> Planta Vigas de la Cubierta.....	42
<b>Figura 28</b> Planta Vigas de la Cubierta.....	43
<b>Figura 29</b> Muro Apoyo de Cubierta.....	44
<b>Figura 30</b> Modelo de cubiertas ETABS .....	45
<b>Figura 31</b> Perfil PHR.....	53
<b>Figura 32</b> Traslado de materiales.....	73
<b>Figura 33</b> Almacenamiento de Insumos.....	75
<b>Figura 34</b> Limpieza de la superficie e Insumos.....	78
<b>Figura 35</b> Verificación Mano de obra.....	79
<b>Figura 36</b> Inspección en las uniones de la estructura .....	83
<b>Figura 37</b> Aplicación de pintura .....	85
<b>Figura 38</b> Inspección final – Instalación de Cubierta.....	87
<b>Figura 39</b> Recepción de obra terminada .....	88

**Figura 40** Condiciones físicas del entorno..... 89



**Lista de tablas**

<b>Tabla 1</b> Reporte Técnico I.E.T.G.J. ....	22
<b>Tabla 2</b> Estructuración I.E.T.G.J. ....	24
<b>Tabla 3</b> Planos del Proyecto Estructural.....	41
<b>Tabla 4</b> Memorias de cálculo del proyecto estructural de la I.E.T.I.G.J. ....	41
<b>Tabla 5</b> Especificaciones técnicas Perfil Negro PHR .....	52
<b>Tabla 6</b> Secciones de Perfiles .....	53

## Resumen

El presente documento se desarrolló a partir del estudio de caso de la construcción de la Institución Educativa Técnico Gustavo Jiménez (I.E.T.G.J.) ubicada en Sogamoso (Boyacá), cuyas actividades de obra fueron retomadas en la vigencia contractual de 2023, luego de mantenerse paralizada desde el 19 de mayo de 2022. El documento se enfoca en identificar los aspectos relevantes que se deben considerar para efectuar el control de calidad de las actividades para las estructuras metálicas en la interventoría de construcción, con el fin de dar cumplimiento a las especificaciones del proyecto y los lineamientos y requisitos técnicos descritos en el Título F - Estructuras Metálicas del Reglamento Colombiano de Construcción NSR-10.

*Palabras clave: Estructura metálica, construcción, supervisión, especificaciones técnicas, Reglamento Colombiano de Construcción NSR-10.*

### **Abstract**

This document was developed from the case study of the construction of the Gustavo Jiménez Technical Educational Institution (I.E.T.G.J.) located in Sogamoso (Boyacá), whose construction activities were resumed in the contractual period of 2023, after being paralyzed since May 19, 2022. The document focuses on identifying the relevant aspects that must be considered to carry out the quality control of the activities for metal structures in the construction audit, to comply with the project specifications and the guidelines and technical requirements described in Title F - Metallic Structures of the Colombian Construction Regulations NSR-10.

*Keywords: Metallic structure, construction, supervision, technical specifications, Colombian Construction Regulation NSR-10.*

## Introducción

El Plan Nacional de Infraestructura Educativa de 2015 identificó la necesidad de construir instituciones educativas en varios municipios de Colombia. Uno de los proyectos es la construcción de la Institución Educativa Técnica Gustavo Jiménez (I.E.T.G.J.) en el municipio de Sogamoso, Boyacá. Esta institución tendrá un área de intervención de 4488 m<sup>2</sup> distribuidos en siete bloques.

La construcción de la I.E.T.G.J. hace parte de los esfuerzos del gobierno nacional para expandir la oferta educativa de instituciones técnicas y tecnológicas. De esta manera se busca mejorar el acceso a educación pertinente y de calidad en distintas regiones del país. Este tipo de proyectos son clave para cerrar brechas y proveer infraestructura adecuada, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El Patrimonio Autónomo del Fondo de Financiamiento de la Infraestructura que en adelante se denominará como PA FFI, en el mes de agosto de 2022 realizó la Invitación abierta No.SA0057 de 2022 y No.026 FFIE 2022 y dio apertura a la Invitación Pública para la contratación de obras y servicios; producto de este concurso se adjudicó el contrato de obra No.1380-1606-2022, cuyo objeto es *“ Realizar la ejecución de diseños, estudios técnicos y/o obras de infraestructura educativa requeridos por el Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa – FFIE en el departamento de Boyacá: Grupo 01 Técnico Industrial Gustavo Jiménez Sede Nueva ubicada en el municipio de Sogamoso”* (FFIE P. A., 2022, pág. 3), y el contrato de interventoría No.1380-1606-2022 cuyo objeto es *“ Realizar la interventoría técnica, administrativa, financiera, jurídica y ambiental al contrato de Obra No 1380-1606-2022, que comprenden “Realizar la ejecución de diseños, estudios técnicos y/o obras de infraestructura educativa requeridos por el Fondo De Financiamiento De La Infraestructura Educativa — FFIE en el departamento de Boyacá: grupo 01 Técnico Industrial Gustavo Jiménez Sede Nueva ubicada en el municipio de Sogamoso.”* (FFIE P. A., 2022, pág. 4) dicha infraestructura brindará un espacio que

beneficiará a una comunidad educativa de un total de 940 estudiantes y un grupo de 60 personas entre administrativos y docentes.

La supervisión técnica y la interventoría son fundamentales durante el ciclo de vida de un proyecto, desde las etapas iniciales, en su planeación y hasta su finalización, pues, estas funciones deben garantizar la implementación de sistemas de control de calidad para cada actividad realizada en el proyecto.

Una supervisión e interventoría integral, involucrada en todas las etapas, permite vigilar de manera sincronizada el cumplimiento de estándares de calidad del proyecto, a través de procesos de seguimiento rigurosos, se asegura que cada proceso constructivo cumpla con las normas y especificaciones técnicas.

Contar con estos mecanismos de control técnico durante la planeación, ejecución y terminación del proyecto es indispensable para garantizar productos finales de alta calidad y detectar a tiempo cualquier desviación o inconveniente. La supervisión e interventoría son claves para el éxito en la entrega de proyectos de infraestructura educativa.

La Institución Educativa Técnica Gustavo Jiménez (I.E.T.G.J.) previamente a la continuación de ejecución de actividades de obra civil, contaba con un porcentaje ejecutado en el capítulo de armadura (estructura metálica) aproximadamente del 50%; teniendo en cuenta, las características y técnicas de construcción en este capítulo, se hizo necesario efectuar la verificación técnica de los insumos usados en la obra y el resultado de los procesos constructivos en las actividades de estructuras metálicas, esto con el fin de brindar aspectos claves y puntuales para realizar las actividades de supervisión técnica e interventoría en el control de calidad de las actividades para las estructuras metálicas, apuntando al cumplimiento de los estándares normativos y de calidad establecidos en Reglamento Colombiano de Construcción NSR-10 y la Invitación Pública No.SA0057 de 2022.

El Reglamento Colombiano de Construcción NSR-10 establece lineamientos y requisitos para la supervisión técnica de estructuras metálicas en sus Títulos F e I, con el fin de verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas, la normatividad vigente y los planes de calidad del contratista y la interventoría, garantizando la calidad en este tipo de construcciones, realizando un riguroso seguimiento desde la adquisición de insumos hasta la entrega final de la obra. Esto implica revisar aspectos como la calidad de los materiales, el cumplimiento de los diseños estructurales, los procesos de soldadura, el montaje de elementos y el estado final de la estructura.

Una adecuada supervisión técnica, con la aplicación de recomendaciones propuestas en el reglamento NSR-10, asegura la construcción de estructuras metálicas técnicamente competentes y seguras. La verificación metódica de cada proceso constructivo es clave para recibir obras que cumplan requerimientos de calidad y resistencia esperados.

## Problema

La educación es considerada como una herramienta clave para superar la pobreza y conseguir una sociedad más equitativa e inclusiva. En línea con esto, desde agosto de 2018 el Ministerio de Educación Nacional (MEN) y la Unidad de Gestión del Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (UG FFIE) han impulsado proyectos de construcción, ampliación y mejora de la infraestructura en instituciones educativas públicas.

Estas iniciativas buscan mejorar el bienestar y la equidad en el acceso a la educación de niños, niñas, adolescentes y jóvenes en zonas urbanas y rurales de Colombia. Los proyectos apuntan a cumplir metas del Plan Nacional de Desarrollo relacionadas con proveer ambientes educativos adecuados que favorezcan el aprendizaje y la permanencia en el sistema educativo. (Nacional, 2022).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), adoptados por los países miembros de la ONU en 2015, buscan impulsar el progreso social y el desarrollo y asegurar la prosperidad para todos. Una de las metas clave es lograr educación inclusiva, equitativa y de calidad para todos los niños. Además, se busca proveer infraestructura confiable y de calidad que permita el acceso equitativo a servicios esenciales.

En concordancia con esto, Colombia ha expandido la cobertura de educación superior, que pasó del 49,4% en 2015 al 60% en 2022. Como resultado, se han abierto convocatorias para construir nuevas instituciones educativas en distintos municipios del país. (Nacional, 2022).

Estas acciones demuestran el compromiso por cumplir los ODS y cerrar brechas en acceso a educación de calidad. Los avances en cobertura educativa son fundamentales para promover la igualdad de oportunidades y el desarrollo sostenible. Sin embargo, es clave continuar trabajando para garantizar que esta expansión vaya de la mano con educación pertinente, inclusiva y equitativa (Planeación, 2023)

Así las cosas, el Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (FFIE) viabilizó y financió desde 2016 proyectos de construcción, mejoramiento y ampliación de instituciones educativas públicas en todo el país. Sin embargo, en 2018 se evidenció que no se estaban cumpliendo las metas del PND en esta materia, en vista que, de los 533 proyectos a cargo de la Unidad de Gestión del FFIE, sólo 40 habían sido terminados, con un avance físico promedio de obras del 22,87%. Además, la contratación estaba concentrada en muy pocas firmas, pues, solamente dos sociedades tenían 339 proyectos, equivalentes al 63% del total adjudicado.

Esta situación demostró problemas en la ejecución de los proyectos de infraestructura educativa, con graves retrasos frente a las metas definidas, por ende, necesario tomar medidas para destrabar los proyectos, ampliar la base de firmas constructoras y acelerar el ritmo de ejecución de obras para cumplir los compromisos de mejorar la infraestructura de las Instituciones Educativas Pública (Nacional, 2022).

Uno de los proyectos no terminados corresponde a la Institución Educativa Técnica Gustavo Jiménez (I.E.T.G.J.), que se encuentra ubicada en el Municipio de Sogamoso (Boyacá), de acuerdo con los documentos de la contratación, cuenta con un área planeada de intervención de 4488 m<sup>2</sup>, distribuida en un total de siete (07) bloques, cuyo espacio permitiría la atención en el aprendizaje de un total de 940 estudiantes.

Entre 2018 y 2022, la Unidad de Gestión del FFIE llevó a cabo un proceso técnico, jurídico, contractual, administrativo y financiero para reactivar los proyectos de infraestructura educativa detenidos.

Las acciones incluyeron la terminación anticipada de contratos por incumplimiento, la apertura de nuevos procesos licitatorios abiertos a múltiples oferentes y la consecución de recursos para cubrir costos adicionales en proyectos afectados por siniestros de incumplimiento.



Estas medidas buscaban destrabar la ejecución de las obras, ampliar la competencia y pluralidad de firmas constructoras y obtener financiación para aquellos proyectos paralizados que requerían inversiones adicionales debido a imprevistos y daños. El proceso llevado a cabo por la Unidad de Gestión del FFIE fue fundamental para retomar el curso de los proyectos de infraestructura educativa y recuperar el tiempo perdido, de modo que estas iniciativas logren cumplir sus objetivos de mejorar la cobertura y calidad de la educación pública en Colombia. (Nacional, 2022)

El PA FFIE en el mes de agosto de 2022 realizó la invitación abierta No.SA0057 de 2022 y No.026 FFIE 2022, con el fin de terminar la construcción de la I.E.T.I.G.J. y producto de estas se adjudicó el contrato de obra e interventoría No.1380-1606-2022.

El diseño de la I.E.T.I.G.J. contempla el uso de estructuras metálicas para el área de la cubierta y en el momento de ser adjudicado el contrato de obra e interventoría, se determinó que el proyecto contaba con un porcentaje ejecutado en el capítulo de armadura aproximadamente de un 50%.

La I.E.T.I.G.J. será un espacio para la comunidad educativa y considerado que las estructuras metálicas en la construcción de edificaciones presentar fallas debido a deficiencias en los materiales, procesos constructivos, fabricación o cambios en las condiciones del sitio. Esto puede ocasionar daños en la infraestructura y afectar la habitabilidad.

Por lo tanto, es necesario realizar una verificación técnica de los elementos estructurales metálicos de esta institución educativa, detectar posibles patologías o problemas y tomar acciones preventivas o correctivas para certificar la seguridad de la comunidad educativa que hará uso de estas instalaciones.

Tomando como referencia la Institución Educativa Técnico Industrial Gustavo Jiménez I.E.T.I.G.J., el cual implementa el uso de estructuras metálicas, cuyo comportamiento no es posible

determinar exhaustivamente; es posible revisar su estado e identificar algunas fallas estructurales y/o defectos superficiales que presentan estas, tales como: oxido, deterioro en la capa exterior al estar expuesto constantemente a la intemperie sin la protección requerida y a corrosión.

¿Cuáles son los aspectos por considerar para realizar el control de calidad de las actividades para la estructura metálica existente y/o nueva en el Instituto Técnico Industrial Gustavo Jiménez (I.E.T.G.J)?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un estudio de los aspectos que se deben tener en cuenta en el control de calidad alrededor de las estructuras metálicas utilizadas en la I.E.T.I.G.J. ubicada en el Municipio de Sogamoso (Boyacá), teniendo en cuenta las especificaciones de construcción del proyecto.

### **Objetivos Específicos**

Recopilar la información técnica del proyecto aplicada a las estructuras metálicas.

Acopiar las especificaciones técnicas de las estructuras metálicas propuestas en la I.E.T.G.J, los lineamientos y requisitos técnicos descritos en el Título F de Estructuras Metálicas del Reglamento Colombiano de Construcción NSR-10 y verificar completo cumplimiento a los requisitos generales para el diseño sismo-resistente de estructuras metálicas en Colombia, de acuerdo a la Ley 400 de 1984

Recopilar de los documentos de las licitaciones el alcance de la supervisión técnica y control de calidad a las estructuras metálicas conforme al Plan de Calidad propuesto por las firmas contratistas e interventoría.

Reconocer las fichas técnicas de los Insumos requeridos para las estructuras metálicas.

Identificar los lineamientos para la aceptación del producto conforme, dando cumplimiento a lo establecido en el Plan de Calidad de las empresas.

## Recopilación de información técnica del proyecto

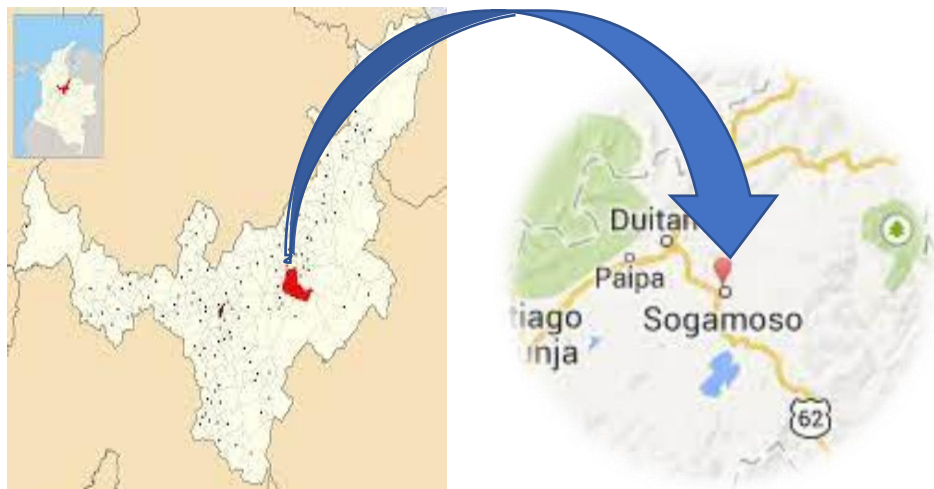
### Informe Diagnostico del Proyecto

Sogamoso es un municipio de Colombia ubicado en el centro-oriente del departamento de Boyacá, en la región del Alto Chicamocha. Sogamoso se destaca por ser la capital de la Provincia de Sugamuxi.

Geográficamente, el municipio de Sogamoso se localiza a 228,5 km al noreste de Bogotá, la capital de Colombia. Además, se encuentra a una distancia de 75,8 km de Tunja, la capital del departamento de Boyacá. (Sarabanda, s.f.)

#### Figura 1

*Ubicación del Proyecto*



Nota: La Figura demuestra ubicación del Municipio de Sogamoso Boyacá. Tomada de <https://es.wikipedia.org/wiki/Sogamoso>

### Antecedentes del Proyecto

El proyecto de construcción de la Institución Educativa Técnica Gustavo Jiménez inició su etapa de ejecución en el año 2017. El alcance de las intervenciones se basó en las siguientes normas y lineamientos:

- La Norma técnica colombiana NTC 4595 versión III de 2020 sobre planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares.
- La NTC 4596 versión II de 2006 relacionada con señalización para ambientes escolares.
- Los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional sobre el diseño arquitectónico de colegios de jornada única.
- El oficio del MEN 2016-EE-040064 que establece recomendaciones de infraestructura para instituciones de jornada única.

Estos estándares y directrices técnicas permitieron planear las adecuaciones y el diseño de espacios educativos acordes con los requerimientos normativos y las necesidades de una institución de educación técnica con jornada única. (FFIE F. d., 2016)

El contrato de construcción de la Institución Educativa Técnica Gustavo Jiménez fue terminado de forma unilateral por el Fondo de Financiamiento de Infraestructura Educativa durante el 2022. Esta decisión se tomó debido al incumplimiento contractual continuo y a la falta de implementación de un plan de contingencia por parte de la firma contratista de la obra para mitigar los atrasos en la ejecución del proyecto.

La terminación unilateral del contrato fue la medida adoptada tras el reiterado incumplimiento del contratista frente a sus obligaciones para ejecutar la construcción de la institución educativa. Además, ante la negativa de implementar acciones correctivas para recuperar el cronograma de ejecución de la obra, la entidad se vio obligada a finalizar el vínculo contractual como única salida para liberar la construcción de este proyecto educativo.

El proyecto se dio por terminado en vigencia 2022, bajo el siguiente reporte técnico:

**Tabla 1***Reporte Técnico I.E.T.G.J.*

<b>Actividad</b>	<b>Porcentaje de Avance</b>
Mampostería	99%
Instalaciones hidrosanitarias	98%
Instalaciones eléctricas	35%,
Enchapes	36.2%,
Estructura Metálica en Bloque D	90%
Estructura Metálica en bloque E1	95%
Estructura Metálica en bloque E2	11%
Estructura Metálica en bloque F	0.0%
Estructura Metálica en bloque G	85%
Carpintería metálica	27.9%,
Suministro e instalación de cielos rasos	0.0%
Cerraduras, suministro e instalación de vidrios y espejos	26.2%.
Obras complementarias como Andenes y paisajismo.	50%
Cerramiento prejardín.	0.0%
Muro de confinamiento con pañete impermeabilizado.	29%
Cerramiento perimetral.	22%
Conexiones domiciliarias Eléctricas, Gas, Agua potable, Red sanitaria y llluvias.	0.0%

Nota: La información relaciona el porcentaje de avance de cada uno de los capítulos del proceso de construcción del proyecto I.E.T.I.G.J

Teniendo en cuenta, el PNIE en cuanto a la necesidad de realizar construcciones de instituciones educativa en diferentes municipios del Territorio Nacional, se planteó la culminación de la construcción de la I.E.T.I.G.J., ubicada en el Municipio de Sogamoso (Boyacá), proyecto que cuenta con un área planeada de intervención de 4488 m2, distribuida en un total de siete (7) bloques (Navarrete, 2022).

Considerando que, la construcción de la I.E.T.G. J no fue culminada, el PA-FFIE durante la vigencia el mes de agosto de 2022 publicó la invitación abierta No.SA0057 de 2022 y No.026 FFIE 2022,

y del mismo modo produjo apertura al proceso de Invitación Pública para adquirir servicios de construcción e interventoría y lograr el feliz término de la Institución Educativa.

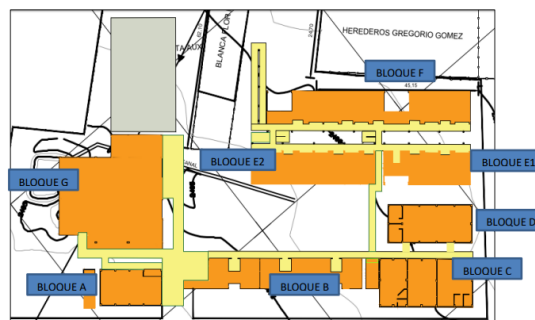
Una vez culminado el proceso de Invitación Pública se firmó el contrato de obra e interventoría No.1380-1606-2022, cuyo alcance contractual se encamina en efectuar la entrega a la Entidad Territorial Certificada (ETC) y al Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa (FFIE) de la I.E.T.I.G.J., terminado, recibido a satisfacción, funcional y seguro para la comunidad sogamoseña; en busca de tal fin se reactiva el proyecto durante el mes de febrero del año 2023.

### Información Técnica del Proyecto

El proyecto se formuló para una matrícula de estudiantes 940 y consta de 7 bloques.

#### Figura 2

*Esquema de la I.E.T.G.J.*



*Nota:* La figura representa los espacios arquitectónicos de la I.E.T.I.G.J.

El diseño y construcción de los Bloques del I.E.T.G.J. fue formulado para efectuar la construcción de las áreas relacionadas en la Tabla 2.

**Tabla 2***Estructuración I.E.T.G.J.*

DESCRIPCIÓN DE ESPACIO	BLOQUE A	BLOQUE B	BLOQUE C	BLOQUE D	BLOQUE E	BLOQUE F	BLOQUE G
	Un Nivel	Un Nivel	Un Nivel	Un Nivel	Dos Niveles	Dos Niveles	Un nivel
Oficinas Administrativas	8						
Baños	1	5			2	2	
Aulas		6			11	10	
Portería		1					
Laboratorio			1				
Aula de tecnología			1				
Aula polivalente			1				
Centro de Recurso				11			
Biblioteca				1			
Aula de Bilingüismo				1			
Aula de Bienestar					1		
Cocina							1
Comedor							1

*Nota:* La tabla anteriormente expone fachada de ladrillo a la vista y zonas exteriores del Bloque C de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia



**Registro Fotográfico - I.E.T.I.G.J. – Etapa Diagnostico**

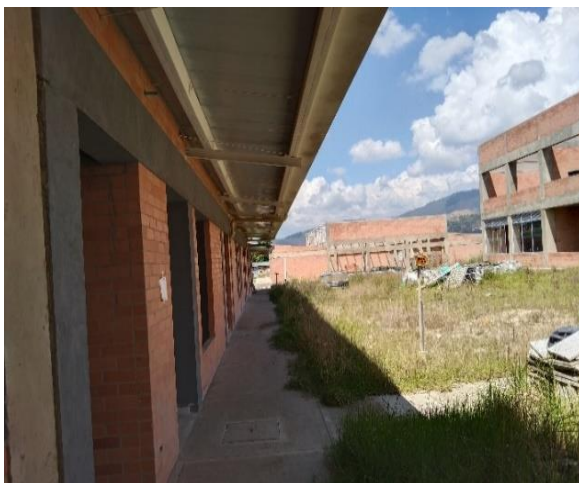
A continuación, se presenta un Registro fotográfico producto de la visita de reconocimiento - Etapa diagnóstica del Contrato de obra e interventoría.

**Figura 3***Bloque C - Fachada frontal de la I.E.T.I.G.J*

*Nota:* La figura expone fachada de ladrillo a la vista y zonas exteriores del Bloque C de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 4***Bloque F - Fachada frontal de la I.E.T.I.G.J*

*Nota:* La figura presenta fachada frontal ladrillo a la vista y zonas exteriores aledañas del Bloque F de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia

**Figura 5***Bloque B y Bloque D –Panorámica de Zonas exteriores*

*Nota:* La figura expone zonas exteriores y áreas comunes del Bloque C y D de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 6***Bloque D - Estructura Metálica de un aula básica*

*Nota:* La figura expone las estructuras metálicas de un aula de clase del Bloque D de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 7***Bloque E- Estructura Metálica de un aula básica*

*Nota:* La figura expone las estructuras metálicas de un aula de clase del Bloque E de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 8***Bloque E - Estructura Metálica de un laboratorio*

*Nota:* La figura expone estructura y espacio de laboratorio ubicado en el Bloque E de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 9***Bloque E1 - Estructura Metálica de Aulas Básicas*

*Nota:* La figura expone las estructuras metálicas de un aula de clase del Bloque E1 de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 10***Bloque E2 Estructura Metálica de Aulas Básicas*

*Nota:* La figura expone las estructuras metálicas de un aula de clase del Bloque E2 de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 11***Bloque E2 – Panorámica de aulas*

*Nota:* La figura expone fachada aulas de clase ubicadas en el Bloque E2 de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 12***Bloque E2 y Bloque D – Panorámica Zonas exteriores*

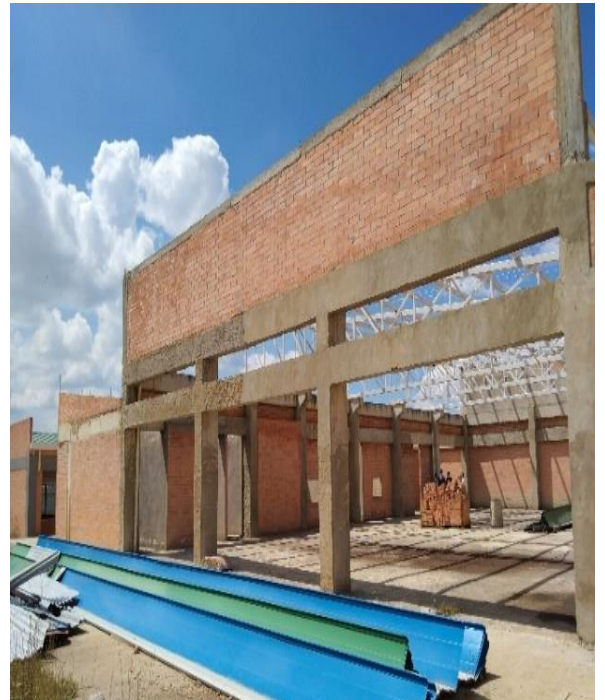
*Nota:* La figura expone zonas exteriores y áreas comunes del Bloque E2 y D de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 13**  
*Bloque F – Fachada frontal*



*Nota:* La figura expone fachada frontal y zonas exteriores del Bloque F de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 14**  
*Bloque G- Fachada frontal*



*Nota:* La figura expone fachada frontal del Bloque G de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 15**  
*Bloque G – Fachada frontal*



*Nota:* La figura presenta fachada frontal del Bloque G de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 16**  
*Bloque G - Estructura Metálica del Centro de recursos*



*Nota:* La figura expone estructuras metálicas instaladas en el Bloque G de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.

**Figura 17**

*Bloque G- Estructura Metálica existente en el centro de recurso*



*Nota: La figura expone estructura metálica instalada en el centro de recursos del Bloque G de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.*

**Figura 18**

*Bloque G – Vista lateral de la estructura metálica centro de recurso*



*Nota: La figura expone estructura metálica instalada en el centro de recursos del Bloque G de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia.*

**Figura 19**

*Bloque E y Bloque F - Panorámica anterior*



*Nota: La figura expone fachada posterior y zona exterior del Bloque E y F de la I.E.T.I.G.J. (Obs. vista posterior central) (Elaboración propia)*

**Figura 20**

*Bloque E y Bloque F – Panorámica frontal*



*Nota: La figura expone panorámica de fachada frontal y zona exterior del Bloque E y F de la I.E.T.I.G.J (Obs. Vista posterior derecha). Elaboración propia*

### **Estructuras Metálicas**

El acero se ha consolidado como un material de construcción muy utilizado gracias a la industrialización. Presenta gran aceptación por permitir edificaciones más versátiles y adaptables. Esto se debe a propiedades como su alta resistencia, bajo peso, facilidad de fabricación y ensamblaje. (Axioma, 2022)

El avance en la producción de acero estructural ha aumentado su uso en obras civiles por ventajas como la optimización en los tiempos de ejecución y la relación costo-mano de obra. Las estructuras metálicas permiten procesos constructivos más rápidos y eficientes. Las cualidades físicas y

mecánicas del acero, sumadas a las mejoras en su producción industrializada, han propiciado una mayor implementación en edificaciones de todo tipo. Se consolida como un material idóneo para construir de forma más ágil y económica, cumpliendo altos estándares de calidad (Axioma, 2022)

El acero posee una gran capacidad de resistencia, por lo que es ampliamente utilizado en elementos estructurales de infraestructura. Las estructuras metálicas se rigen por los mismos principios de diseño que las estructuras de concreto. En ambos casos se busca resistir acciones verticales como el peso propio y acciones horizontales.

Al igual que el concreto, el acero permite crear sistemas estructurales capaces de soportar cargas muertas, vivas y dinámicas. Mediante un correcto diseño y cálculo, las estructuras de acero garantizan resistencia y estabilidad ante los esfuerzos presentes en una edificación. (Axioma, 2022)

Las estructuras metálicas son parte de un conjunto de elementos de construcción y el uso de estas ha otorgado nuevos sistemas de ensamblajes y diferentes técnicas de construcción, que han permitido ampliar la variedad de edificaciones y generar interés en la construcción a partir de éstas.

El capítulo de armadura (estructuras metálicas) de la I.E.T.G.J. oscila aproximadamente con un porcentaje de avance ejecutado del cincuenta por ciento (50%), desde la fecha de inicio hasta la fecha de terminación anticipada del contrato, es decir, hasta vigencia 2022.

Una vez se reactiva y se da inicio al contrato de terminación de la construcción de la I.E.T.I.G.J., se inició con la ejecución de actividades correspondientes a la etapa diagnóstico y reconocimiento de obra, esto con el fin de realizar una valoración de estas, conforme a apariencia de las obras y cumplimiento a las especificaciones técnicas de los ítems de construcción.

Una vez se surtió el proceso de reconocimiento de obra, se identificó que las estructuras metálicas existentes e instaladas en la I.E.T.I.G.J. presentaban una serie de anomalías y/o patologías,

tales como: óxido (Ver Figura No.21), corrosión (Ver Figura No.22) y deterioro en la capa exterior al estar expuesto constantemente a la intemperie sin la protección requerida (Ver Figura No.23, No.24, No.25, No.26)

**Figura 21**

*Bloque G - Estructura Metálica (Presencia de Oxidación)*



*Nota:* La figura muestra proceso de oxidación en la estructura metálica instalada en el Bloque G. Elaboración propia

**Figura 22**

*Bloque G - Estructura Metálica Existente (Presencia de Corrosión)*



*Nota:* La figura muestra corrosión en la estructura metálica instalada en el Bloque G. Elaboración propia

**Figura 23**

*Bloque E - Estructura Metálica - Aulas de clase (Deterioro en la capa exterior)*



*Nota:* La figura muestra deterioro superficial en la estructura metálica instalada las aulas de clase. Elaboración propia

**Figura 24**

*Bloque E - Estructura Metálica - Aulas de clase (Deterioro en la capa exterior)*



*Nota:* La figura muestra deterioro superficial en la estructura metálica instalada las aulas de clase. Elaboración propia

**Figura 25**

*Bloque F - Estructura Metálica - Aulas de clase  
(Deterioro en la capa exterior)*



*Nota: La figura muestra deterioro superficial en la estructura metálica instalada las aulas de clase. Elaboración propia*

**Figura 26**

*Bloque F - Estructura Metálica - Aulas de clase  
(Deterioro en la capa exterior)*



*Nota: La figura muestra deterioro superficial en la estructura metálica instalada las aulas de clase. Elaboración propia*

### **Especificaciones técnicas de las Estructuras Metálicas**

El Decreto 1595 de 2015 establece el Subsistema Nacional de la Calidad en Colombia, tiene como objetivos fundamentales promover en el mercado la seguridad, calidad, confianza, productividad y competitividad de los sectores productivos e importadores. También busca proteger los intereses de los consumidores en temas de procesos, productos y servicios.

El Subsistema Nacional de la Calidad coordina las actividades de entidades públicas y privadas relacionadas con la formulación, ejecución y seguimiento de políticas sobre normalización técnica, reglamentación, acreditación, designación y evaluación de la conformidad.

En síntesis, esta reglamentación crea un marco institucional para regular los sistemas de gestión de calidad aplicables a procesos, bienes y servicios. De esta manera se promueven prácticas que protegen al consumidor y mejoran la competitividad de las empresas y la economía. (Ministerio de Comercio, 2015)

En 2015, la Dirección de Regulación del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo realizó un Proyecto Piloto de Análisis de Impacto Normativo en Estructuras Metálicas. En este concluyó que las estructuras metálicas forman parte de un conjunto de elementos de construcción. Por tanto, deben analizarse de manera integral junto con los demás componentes y no de forma individual.

El riesgo persiste si un elemento cumple ciertas características mínimas pero el resto no lo hacen, así como en falencias de diseño o procesos constructivos. Es decir, la seguridad de las estructuras metálicas depende no solo de la calidad de este material, sino también del diseño global y ejecución de toda la edificación.

Esta visión integrada permite una evaluación más completa para garantizar que todas las partes de la construcción cumplan requisitos mínimos y no se presenten riesgos estructurales. Las normas sobre estructuras metálicas deben considerar este enfoque sistémico. (Dirección de Regulación del Ministerio de Comercio, 2015, pág. 4)

Las actividades iniciales para considerar para la ejecución de las actividades de las estructuras metálicas corresponden a las siguientes:

- Consultar Planos Arquitectónicos y estructurales.
- Consultar NSR.
- Definir y localizar en los Planos constructivos.
- Definir áreas a ejecutar la actividad.

Conforme a las especificaciones técnicas del Contrato de Obra No.1380-1606-2022 se establece que la estructura para cubiertas incluye distintos elementos como vigas IPE, vigas acarteladas, pernos, láminas, anclajes y acabados, de acuerdo a los planos estructurales y arquitectónicos. Esto comprende el suministro de materiales de consumo, maquinaria y herramientas



necesarias para la fabricación de las piezas, corte, soldadura, pruebas de aceptación y demás actividades requeridas según planos. (UTMEN, 2018)

Asimismo, se instituye que la construcción de la estructura metálica para las cubiertas implica el diseño, suministro, fabricación, transporte y montaje de todos los elementos que la componen, cumpliendo las especificaciones de materiales, procesos y acabados establecidos en planos y normas técnicas, con el fin de afianzar una ejecución integral que permita entregar una estructura técnicamente apta para cumplir su función. (UTMEN, 2018)

El alcance y ejecución de las actividades de estructura metálica contempla la instalación de cubierta tipo Sandwich e impermeabilización de las cubiertas planas donde aplique, empleando todos los accesorios requeridos. (Manual de Especificaciones Técnicas de Materiales y de Construcción, 2017).

A continuación, se enumeran los ítems que hacen parte del capítulo de las Estructuras Metálicas en el contrato de construcción de la I.E.T.I.G.J. y se indica el numeral correspondiente a las especificaciones de construcción de acuerdo con el Manual de Especificaciones Técnicas de Materiales y de Construcción (EETT) de 2017.

### **Planos de taller**

Las especificaciones técnicas para la construcción de edificaciones indican que las estructuras metálicas deben fabricarse siguiendo estrictamente las dimensiones, detalles y disposiciones estipuladas en los planos estructurales del proyecto asignado.

El capítulo 3 sobre estructuras y el subcapítulo 3.b de generalidades en estructuras metálicas establecidas que no deben realizar cambios o modificaciones a los planos sin la aprobación y supervisión de un ingeniero calificado.

Allí se define que los elementos de la estructura metálica deben ser compatibles con la totalidad de componentes de la construcción.

Es decir, el diseño y fabricación de las estructuras de acero debe considerar su integración y funcionalidad con el resto de partes de la edificación como cimentación, muros, cubiertas, entre otros. Esto garantiza que la estructura metálica construida sea coherente y articulada con todos los sistemas y elementos que conforman la obra civil en su conjunto (UTMEN, 2018, pág. 59)

### **Almacenamiento**

Las especificaciones técnicas indican que las secciones de estructuras metálicas fabricadas deben almacenarse apropiadamente antes de su instalación. El lugar de almacenamiento debe contar con condiciones ambientales adecuadas, como baja humedad y protección contra factores climáticos desfavorables.

Los elementos estructurales deben mantenerse en perfectas condiciones lineales, sin ningún tipo de pandeo, abolladura o deformación. Cualquier defecto de esta índole puede deberse a una manipulación incorrecta durante el transporte y manejo de las piezas o fallas durante el proceso de fabricación.

Es crucial que las secciones metálicas no sufran daños antes de ser ensambladas e instaladas en la edificación. Pandeos, abolladuras o curvaturas pueden afectar el ajuste de las uniones y comprometer la integridad estructural y funcionalidad del sistema. (UTMEN, 2018, pág. 60)

Asimismo, las especificaciones técnicas también establecieron límites en el apilamiento de elementos de acero durante el almacenamiento. Se recomienda no superar las 20 toneladas en la arruma de estas piezas metálicas; puesto que, exceder este peso máximo de apilamiento puede causar alteraciones indeseadas en las propiedades y características del material, ya que, someter las piezas de

acero a cargas excesivas por períodos prolongados puede provocar debilitamiento estructural y una disminución en la capacidad de resistencia. (UTMEN, 2018, pág. 60)

### **Fabricación**

Las especificaciones técnicas de construcción establecen requisitos para los materiales utilizados en estructuras metálicas. Indica que se deben emplear materiales del tamaño y espesor adecuados para lograr la dureza y durabilidad deseada en el producto final.

Los elementos metálicos se tienen que fabricar siguiendo exactamente las dimensiones y previsiones detalladas en los planos estructurales del proyecto. Estos planos proporcionan toda la información necesaria, incluyendo las medidas para cada pieza, soportes y conexiones, con el fin de cumplir con las especificaciones de tamaño y espesor, dado que, este es crucial para garantizar que la estructura metálica tenga la resistencia y vida útil de diseño. (UTMEN, 2018)

Dado que las estructuras metálicas estarán expuestas ya la vista, las especificaciones técnicas requieren utilizar materiales con acabados lisos y libres de defectos superficiales. No deben tener perforaciones, marcas de costuras, rodaduras u otros daños visibles.

Cualquier imperfección en la superficie debe ser eliminada antes de iniciar los procesos de limpieza y preparación para la pintura. Los métodos recomendados para reparar defectos incluyen procesos abrasivos o reconstructivos.

La apariencia lisa y uniforme de los materiales es fundamental cuando las estructuras metálicas quedan visibles en la edificación terminada. Los defectos superficiales no solo afectan la estética, sino que también pueden provocar corrosión y disminuir la resistencia. (UTMEN, 2018)

### **Soldadura**

Las especificaciones técnicas de construcción establecen requisitos para las soldaduras en estructuras metálicas expuestas. Requieren que todas las soldaduras visibles sean pulidas y esmeriladas para lograr uniones lisas y uniformes.

Las juntas soldadas deben tener rigidez y resistencia equivalentes a las secciones de material adyacentes. Esto se consigue soldando toda la superficie de contacto, excepto donde los planos estructurales especifiquen tramos de soldadura espaciados, dado que, los mismos contienen los tipos precisos de soldadura a utilizar.

En juntas entre acero galvanizado y acero negro se deben emplear soldaduras en frío, información que puede ser validada en los planos estructurales del proyecto.

Cumplir con estos estándares asegura uniones fuertes y duraderas entre elementos metálicos, fundamentales para la estabilidad estructural, así como, mejorar el acabado estético al eliminar irregularidades en soldaduras expuestas. (UTMEN, 2018)

### **Fijaciones**

Las especificaciones técnicas establecen requisitos estéticos y de ejecución para conexiones expuestas en estructuras metálicas.

Las uniones visibles deben realizarse con alineaciones perfectamente rectas, logrando superficies continuas y uniformes. Se recomienda usar soportes empotrados cuando sea posible, así como tornillería oculta en las superficies terminadas.

Todas las perforaciones necesarias para ubicar tornillos y pernos que unan elementos metálicos, o para anclajes de superficie, tienen que hacerse en taller durante la fabricación.

Todo el trabajo de corte, refuerzo, perforación y acabados de las piezas metálicas debe completarse previo a su envío a la obra como material terminado listo para instalar. (UTMEN, 2018)

### **Anclajes y empotramientos**

Las especificaciones técnicas de construcción establecidas que se deben suministrar todos los anclajes especificados en los planos estructurales para las estructuras metálicas. Estos anclajes deben coordinarse adecuadamente con la estructura de soporte donde se fijarán los elementos metálicos.

El Capítulo 3 sobre Estructuras y el Subcapítulo 3.b de generalidades en estructuras metálicas indican que los anclajes son un componente fundamental que permite fijar y vincular de manera segura las estructuras metálicas a la edificación.

Proveer los anclajes completos según lo detallado en planos y garantizar su correcta coordinación con la estructura soportante es indispensable para lograr una fijación sólida, nivelada y resistente de todos los elementos metálicos del proyecto. (UTMEN, 2018)

### **Miscelánea**

Las especificaciones técnicas establecidas que se deben suministrar todos los anclajes necesarios para fijar adecuadamente los elementos metálicos a las áreas de estructura de concreto o mampostería en la edificación.

El Capítulo 3 y Subcapítulo 3.b indican que se deben incluir todos los materiales requeridos según los planos estructurales, como vigas suplementarias, canales, pernos, ribetes, tornillería, varillas, ganchos, anclas de expansión y cualquier otro elemento necesario para el anclaje.

Tener disponible la totalidad de piezas y accesorios de anclaje especificados en planos es indispensable para garantizar un ajuste sólido, nivelado y seguro de las estructuras metálicas a los elementos soportantes de concreto. (UTMEN, 2018)

### **Ensamble**

Las especificaciones técnicas de construcción indican que los elementos de las estructuras metálicas deben transportarse a la obra en las dimensiones máximas posibles, reduciendo al mínimo los procesos de ensamblaje en el sitio de instalación.

El Capítulo 3 sobre Estructuras y el Subcapítulo 3.b de generalidades en estructuras metálicas establecidas que todas las unidades deben llegar debidamente marcadas para garantizar un conjunto e instalación adecuada. (UTMEN, 2018)

### **Instalación**

Las especificaciones técnicas de construcción establecen requisitos precisos para la instalación de estructuras metálicas en obra.

El Capítulo 3 y Subcapítulo 3.b determina que los elementos metálicos deben instalarse perfectamente ajustados según la ubicación, alineamiento, altura, hilos y niveles generales indicados en los planos del proyecto.

Los anclajes de las estructuras se deben ejecutar cumpliendo estrictamente las especificaciones de uso y carga de cada elemento metálico detallados en la documentación técnica. (UTMEN, 2018).

### **Conexiones**

Las especificaciones técnicas establecidas que los conectores de las estructuras metálicas deben instalarse con ajustes perfectos, logrando uniones limpias y precisas.

El Capítulo 3 y Subcapítulo 3.b indican que en obra se deben ejecutar las soldaduras que no pudieron realizarse previo al transporte por limitaciones en el tamaño de los elementos.

Una vez instaladas las uniones, se deben limar para dejar las juntas listas para la aplicación de los recubrimientos y acabados finales.

Tener conexiones precisas, niveladas y sin irregularidades es esencial para la estabilidad y desempeño de la estructura metálica. Limpiar y preparar las juntas asegura una óptima adherencia de los recubrimientos protectores, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos. (UTMEN, 2018)

### **Pintura**

Las especificaciones técnicas establecen requisitos de protección para los elementos de las estructuras metálicas.

El Capítulo 3 y Subcapítulo 3.b indican que dichos elementos deben llegar a la obra con una mano de pintura anticorrosiva gris, que sirve como protección temporal durante el transporte e instalación.

Previo a la instalación en obra, se debe aplicar el anticorrosivo final del color especificado en el proyecto.” (UTMEN, 2018)

### **Materiales requeridos para la ejecución de actividades**

A continuación, se relacionan los materiales e insumos requeridos para la ejecución de actividades de las Estructuras Metálicas en la I.E.T.I.G.J. de acuerdo con el Manual de Especificaciones Técnicas de Materiales y de Construcción (EETT) de 2017.

- Estructura metálica para cubiertas. Norma NSR 10 título F
  - Perfilera ASTM A572 GRADE 50 y ASTM A37.
  - Soldadura e70xx.

- Cerchas, correas, tensores, anclajes y accesorios, limpieza SSPC-SP3, pintura anticorrosiva 3 mm y acabado.
- Cubierta termoacústica UPVC blanco-blanco con fibra de carbono de 2,5 mm color a definir
- Canal lámina galvanizada DS = 50 cm - cal 20. Incluye soportes, soscas, refuerzos y gárgolas de rebose
- Canal lámina galvanizada DS = 80 cm - cal 20. Incluye soportes, soscas, refuerzos y gárgolas de rebose
- Canal lámina galvanizada DS = 100 cm - cal 20. Incluye soportes, soscas, refuerzos y gárgolas de rebose
- Flanche lámina galvanizada cal 20 - DS=20 cm. (junta sísmica)
- Flanche lámina galvanizada cal 20 - DS=30 cm.
- Flanche lámina galvanizada cal 20 - DS=50 cm. (paramento)
- Soldadura para unión de canales.
- Tragante de cúpula  $\varnothing$  4" (10 cm  $\approx$  0.1014 m)
- Soporte metálico para bajante al. PVC  $\varnothing$  4" (10 cm  $\approx$  0.1014 m)

#### **Planos de las estructuras metálicas del proyecto**

A continuación, se relaciona la lista de planos y memorias de cálculo del proyecto estructural de la I.E.T.I.G.J, los cuales hacen parte integral para la ejecución del proyecto y ejecución de las actividades de las estructuras metálicas:



**Tabla 3***Planos del Proyecto Estructural*

<b>Listado de Planos - Proyecto Estructural</b>
1_Preescolar 1_Dic12_2017
2_Preescolar 2_Dic12_2017
3_Lab_Tec_Poli_Dic12_2017
4_Centro Recursos_Dic12_2017
5_Aulas 1_Dic12_2017
6_Aulas 2_Dic12_2017
7_Comedor Y Cocina_Dic12_2017
8_Administracion_Dic12_2017
11_Muros_Ne_Dic12_2017
12_Planta Juntas_Dic12_2017

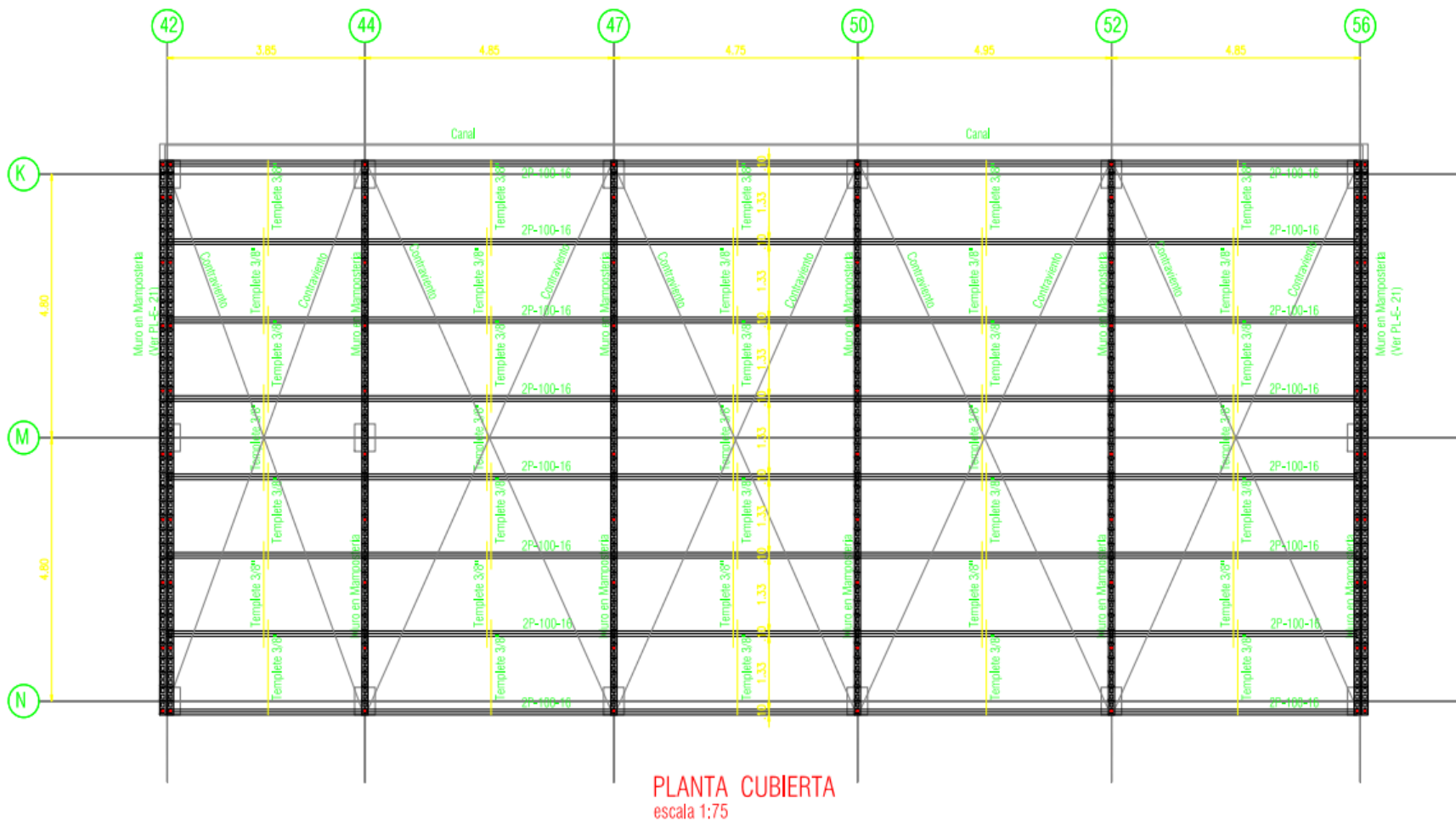
*Nota:* La tabla relacionada anteriormente, es una lista de la planimetría del proyecto estructural de la I.E.T.I.G.J

**Tabla 4***Memorias de cálculo del proyecto estructural de la I.E.T.I.G.J*

<b>Memorias – Proyecto estructural</b>
Memorias de Calculo Comedor Gustavo Jiménez diciembre 11 de 2017
Memorias de Calculo Administración Gustavo Jiménez octubre 17 de 2017
Memorias de Calculo Bloque Aulas 1 Gustavo Jiménez noviembre 29 de 2017
Memorias de Calculo Bloque Aulas 2 17 noviembre Gustavo Jiménez
Memorias de Calculo Centro De Recursos Gustavo Jiménez octubre 17 de 2017
Memorias de Calculo Lab Tec Polivalente Gustavo Jiménez Julio 31 de 2017 Ultimo
Memorias de Calculo Preescolar 1 Gustavo Jiménez octubre 31 de 2017
Memorias de Calculo Preescolar 2 Gustavo Jiménez octubre 17 de 2017
Memorias de Calculo Rampa Gustavo Jiménez Primaria octubre 17 de 2017

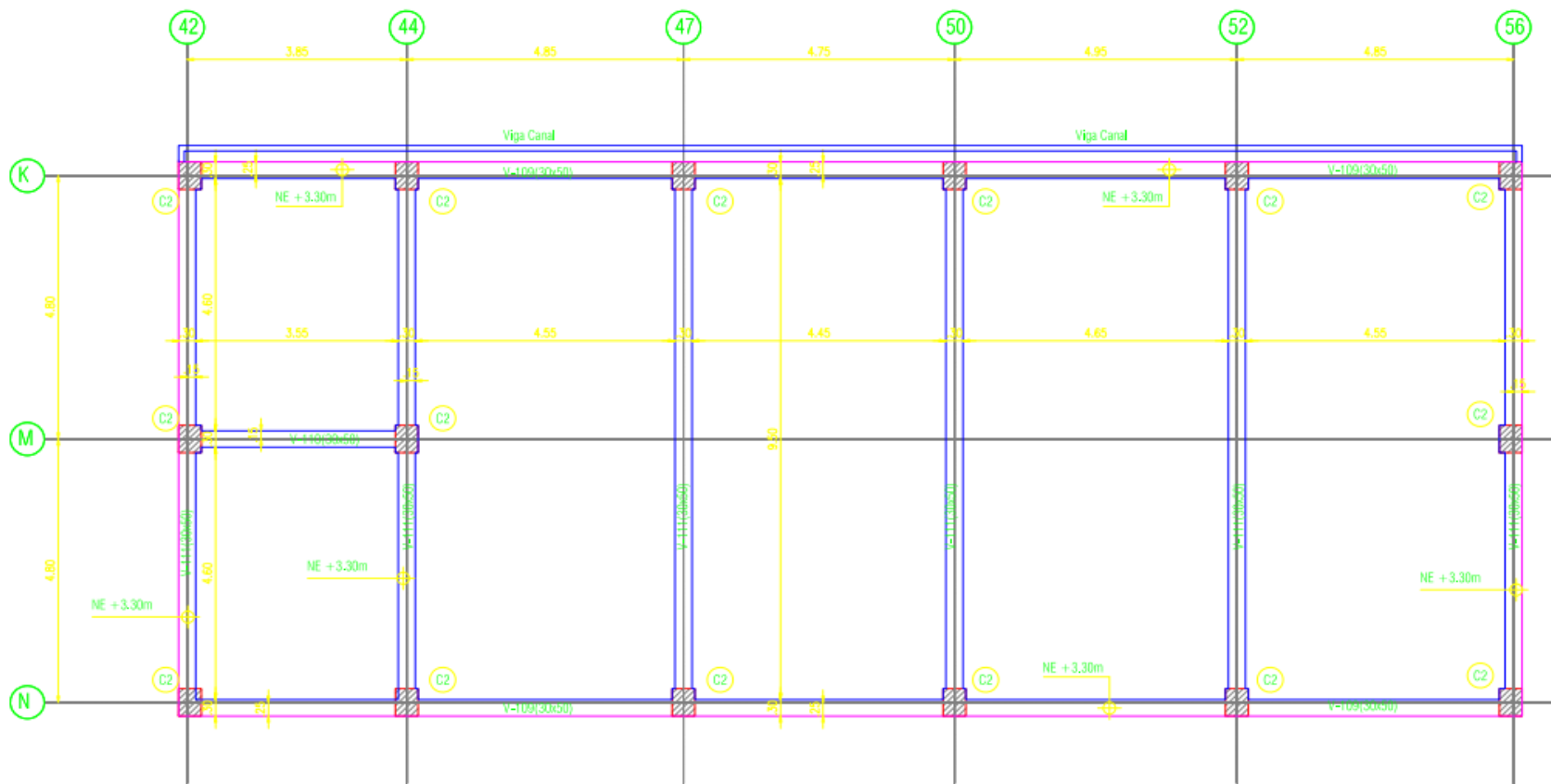
*Nota:* La tabla relacionada anteriormente, es una lista de las memorias de cálculo que hacen parte del proyecto estructural de la I.E.T.I.G.J

**Figura 27**  
 Planta Vigas de la Cubierta



Nota: El plano corresponde a la planta del Bloque G de la I.E.T.I.G.J, el área en mención en gran parte implementa cubiertas en estructuras metálicas.

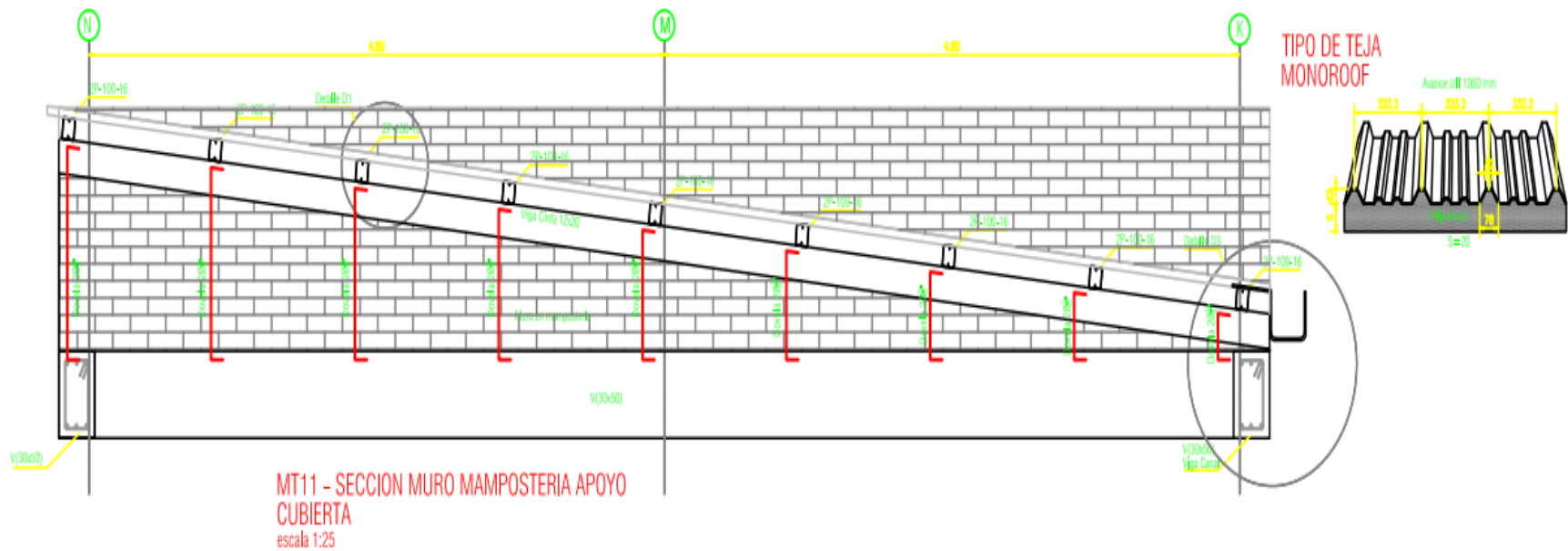
**Figura 28**  
 Planta Vigas de la Cubierta



**PLANTA VIGAS CUBIERTA**  
 escala 1:75

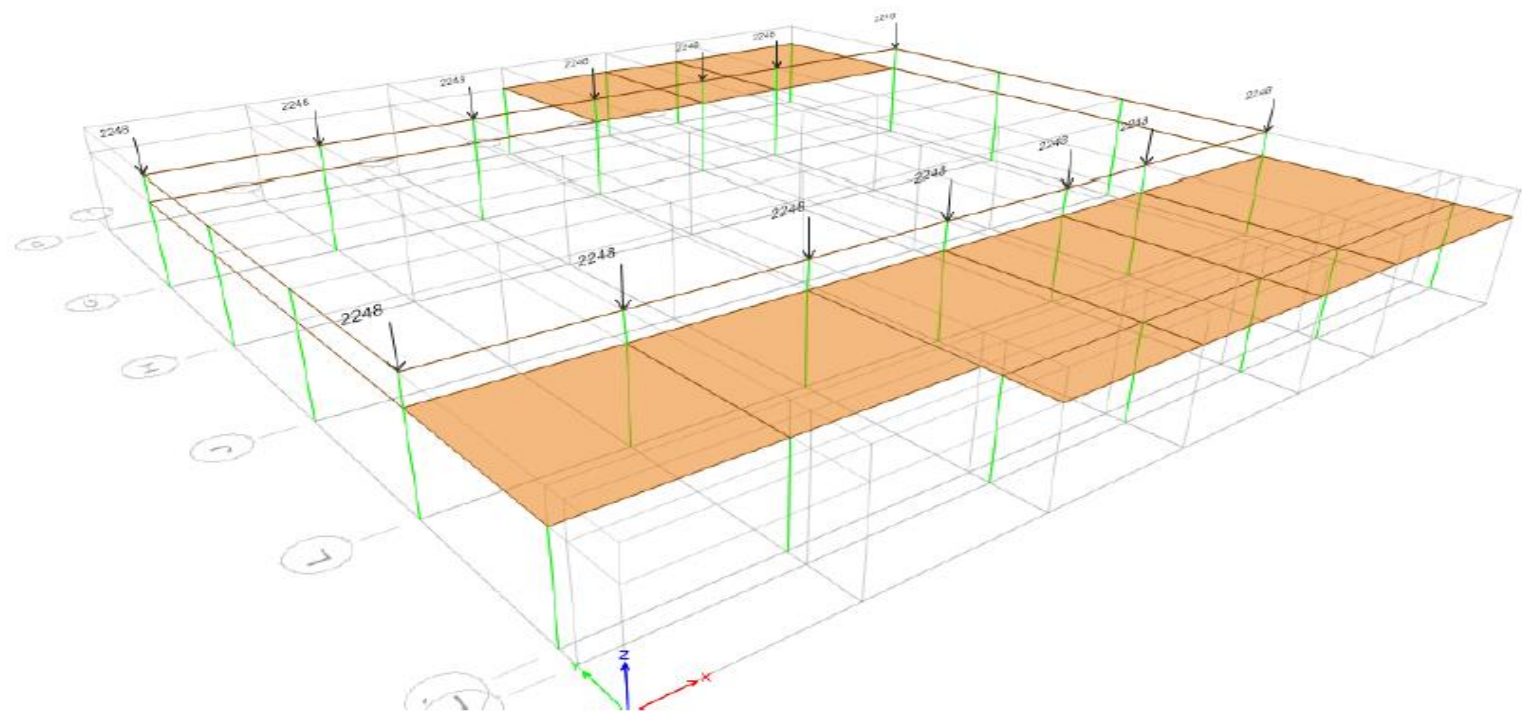
Nota: El plano corresponde representa la planta de vigas del Bloque G del I.E.T.I.G.J, elementos estructurales en los cuales se apoyarán las estructuras metálicas.

**Figura 29**  
Muro Apoyo de Cubierta



Nota: El plano corresponde a un detalle estructural del Bloque G del I.E.T.I.G.J, en el cual se apoyarán las estructuras metálicas.

**Figura 30**  
*Modelo de cubiertas ETABS*



Nota: La figura representa modelo en ETABS – Implementación de estructuras metálicas en el Bloque G de la I.E.T.I.G.J.

### **Memorias de Cálculo**

Las memorias de cálculo del componente estructural fueron elaboradas por Unión Temporal MEN 2016, firma contratista del Contrato marco No.1380-37-2016 cuyo alcance contractual correspondió a la elaboración de diseños y estudios técnicos al proyecto de Infraestructura Educativa del Territorio Nacional.

Las estructuras del proyecto fueron diseñadas cumpliendo la norma NSR-10 y utilizando el software ETABS para los cálculos. El diseño evaluado parámetros de estados límites y análisis dinámico, según lo estipulado en los documentos técnicos de la invitación abierta N°004 de 2016. (Ministerio de Ambiente, Reglamento colombiano de construcción sismo-resistente NSR-10 , 2010)

Dichos documentos indicaban que la estructura debía tener resistencia y rigidez adecuadas ante las cargas mínimas de diseño del Reglamento NSR-10. Además, se debía verificar que la estructura tuviera rigidez suficiente para limitar deformaciones bajo cargas de servicio, sin afectar el funcionamiento de la edificación. Finalmente, se debía asegurar un acoplamiento perfecto con las estructuras existentes.

El cumplimiento de estos requisitos técnicos permitirá garantizar un diseño estructural óptimo, con niveles adecuados de resistencia, rigidez y compatibilidad con las edificaciones aledañas. (Ministerio de Ambiente, Reglamento colombiano de construcción sismo-resistente NSR-10 , 2010)

Asimismo, Los documentos técnicos también establecían que los estudios estructurales debían cumplir integralmente con la norma NSR-10, enfatizado en el cumplimiento de los siguientes títulos: Título A - Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente, Título B - Cargas, Título C - Concreto estructural, Título D - Mampostería estructural, Título F - Estructuras metálicas, Título G -

Estructuras de madera y estructuras de guadua, Título J - Requisitos de protección contra incendios en edificaciones y Título K - Requisitos complementarios.

Cumplir rigurosamente con estos títulos del Reglamento NSR-10 era indispensable para garantizar estructuras sísmicamente estables, con capacidad de carga adecuada, materiales y uniones correctamente dimensionados, con el fin de asegurar la calidad técnica y seguridad estructural del proyecto.

Teniendo en cuenta que el diseño estructural cumplió con los lineamientos mínimos contractuales estipulados en la Etapa de Consultoría, se aprobaron por parte de la Interventoría inicial, es decir, Consorcio Sedes Educativas en vigencia 2017.

Una vez se suscribe el acta de inicio del contrato de obra e interventoría actual, se procedió a realizar la revisión de las memorias con los diseños estructurales y producto de dicha revisión, se obtuvo el siguiente concepto por parte de los especialistas:

De acuerdo con el reglamento, se realizó la revisión de la determinación de carga sísmica, nivel de disipación de energía, diseño de elementos y contenido de documentos, considerando la ubicación y uso de las estructuras proyectadas.

Las memorias de cálculo presentan una inconsistencia en el valor de reducción del coeficiente de disipación de energía por ausencia. El coeficiente contempla un valor de 0,90 en lugar de 0,75. Sin embargo, este parámetro no afecta el diseño de redundancia de los elementos, dado que los diseños se efectuarán de manera conservadora.

En cuanto a las cargas muertas, se muestra el análisis del peso de los elementos de la cubierta. Además, se utiliza un espesor equivalente de concreto para modelar la carga en el sistema matemático. Este enfoque se considera correcto.

La carga viva especificada en la memoria corresponde a lo establecido en la Tabla B.4.2.1-2 del NSR-10 para cubiertas livianas con pendientes menores a 15°. Por lo tanto, es adecuado según la norma.

Se adoptó una carga por granizo de 100 kg/m<sup>2</sup>, lo cual es correcto de acuerdo al numeral B.4.8.3.2 del reglamento NSR-10.

En conclusión, a pesar de la inconsistencia detectada en el coeficiente de disipación, el diseño en general parece cumplir con los requisitos reglamentarios. (Educativo, 2022).

El Título B del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR 10, enuncia que las estructuras deben estar sujetas a unidad e integridad entre los elementos, esto, con el fin de evitar que se presenten colapsos progresivos a falta de capacidad resistente y/o daños locales en las estructuras.

La integridad estructural de edificios y otras construcciones es esencial para garantizar su seguridad y durabilidad. Un enfoque común para lograr esto es a través de un cuidadoso diseño y disposición de los componentes estructurales.

Un principio clave es darles continuidad y conectividad a los componentes estructurales, asimismo, es vital seleccionar materiales con las propiedades necesarias, con el fin de que los mismos tengan suficiente ductilidad y capacidad de deformarse sin romperse, lo cual, permite que absorban y disipen la energía de fuerzas extremas o impactos, evitando una falla frágil. (Sísmica, 2010).

Otro aspecto es permitir cierto grado de redistribución de cargas. Si una porción de la estructura es dañada, las partes adyacentes deben ser capaces de soportar y redirigir las cargas adicionales. Esto previene un colapso progresivo. (Sísmica, 2010).



El coeficiente de capacidad de disipación de energía es un parámetro importante en el diseño sismorresistente de estructuras. Este coeficiente busca que la estructura tenga un comportamiento inelástico cuando se somete a fuerzas sísmicas.

Esto significa permitir que la estructura se deforma plásticamente disipando energía, en lugar de tener un comportamiento frágil y colapsar. Al disipar parte de la energía del sismo a través de deformaciones plásticas, se pueden reducir las fuerzas sísmicas que la estructura debe resistir elásticamente. (Cabello, 2011)

En cuanto a las cargas vivas requeridas para el diseño de las estructuras, se considera un tipo de cubierta inclinada con una pendiente inferior de  $15^\circ$ , dicha situación previene e imposibilita a la estructura ser sometida físicamente a unas cargas superiores de  $0.50 \text{ kN/m}^2$  ( $50 \text{ kg/m}^2$ ), en el área de la planta.

De acuerdo con lo establecido en la Norma, se debe contemplar cargas de granizo en el diseño estructural de las edificaciones, este coeficiente está definido conforme a las regiones del territorio Nacional, generalmente en las zonas que superen los dos mil (2000) metros de altura sobre el nivel del mar.

El Municipio de Sogamoso se encuentra en los dos mil quinientos cuarenta y nueve (2549) metros de altura sobre el nivel del mar y conforme a la normatividad, se debe considerar una carga de granizo de  $1.0 \text{ kN/m}^2$  ( $100 \text{ kg/m}^2$ ).

Una vez expuesto lo anterior, conforme a lo descrito por parte del especialista estructural los diseños de la I.E.T.I.G.J., el diseño de las estructuras metálicas se encuentra acorde a los lineamientos técnicos de la normatividad.

**Fichas Técnicas de Insumos de Construcción**

Los insumos para el desarrollo del proyecto utilizados para la ejecución de las actividades de la estructura metálica en la I.E.T.I.G.J., se suministraron conforme a las condiciones establecidas en las Especificaciones Técnicas de Construcción establecidas en el contrato de obra No.1380-1606-2022, términos de condiciones y Normatividad legal vigente en el sector de la Construcción.

Conforme al plan de Calidad propuesto para la ejecución del contrato de obra No.1380-1606-2022, es responsabilidad del contratista de obra adquirir los materiales e insumos que se deban utilizar en el proyecto. En cuanto a los aceros, concretos, bloques de concreto, carpintería metálica, tubería y acabados se harán con proveedores que cuenten con lo establecido en los procedimientos de Selección y Evaluación de proveedores, compras de obras civiles, dicho procedimiento es realizado por parte del Departamento de Compras de la compañía. (Educativo, Plan de Gestión de Calidad para la ejecución del Contrato de Obra No.1380-1606-2022, 2022)

Asimismo, conforme lo establecido en el plan de calidad del contratista de obra, los materiales, suministros y demás elementos necesarios para la construcción de la obra, son comprados conforme a lo requerido en las especificaciones, adecuados al objeto y tipo de obra que se destinen. (Educativo, Plan de Gestión de Calidad para la ejecución del Contrato de Obra No.1380-1606-2022, 2022)

Teniendo en cuenta, que las estructuras metálicas provienen de procesamiento industrial, es recomendable que los mismos procedan de tecnología limpia (uso eficiente de recursos naturales), dicha información debe estar puntualizada de manera organizada en los formatos de solicitud de compra, bajo los criterios de producto, servicio, cantidad, referencia, precio, entrega, etc., dichos documentos son responsabilidad del Departamento de compras de la compañía y director de obra.

Durante la ejecución del proyecto se implementarán formatos que permitan mantener el control de materiales, con el fin de garantizar la cantidad y fecha, estos formatos son responsabilidad del Departamento de compras de la compañía y director de obra.

A continuación, se relacionan las características técnicas de los insumos usados para la ejecución de las actividades de las Estructuras Metálicas.

### **Perfiles**

Los perfiles estructurales son elementos muy utilizados en las construcciones metálicas. Estos perfiles tienen secciones transversales optimizadas que brindan una excelente relación resistencia-peso. (Digital, s.f.).

Al ser elementos esbeltos y livianos en comparación con su resistencia, los perfiles metálicos permiten un importante ahorro en el peso de la estructura en comparación al uso de elementos macizos. Esto también facilita su transporte e instalación. (Digital, s.f.).

Estos elementos son compatibles con diversos sistemas constructivos, por ejemplo, pueden complementarse con losas de concreto. Son ampliamente utilizados en estructuras de naves industriales, puentes, torres de transmisión, escaleras y cualquier tipo de construcción metálica donde se busque optimizar el material. (Digital, s.f.).

La verificación de los productos comprados es responsabilidad del Ingeniero residente, toda vez que una vez lleguen los insumos al sitio del proyecto, realiza una comparación en las características físicas del producto, tales como color textura, y la apariencia de este y sus respectivas cantidades de acuerdo con los requisitos pactados en la orden de compra.

En caso de que los materiales y/o insumos no cumplan con los requisitos exigidos, deberá rechazarlo e informar al responsable de la compra argumentando la No conformidad presentada, así

como solicitar el reemplazo por materiales que cumplan cabalmente con las especificaciones técnicas contractuales.

Las estructuras de la I.E.T.I.G.J. fueron diseñadas, para que las mismas estén a la vista; por ende, nos permitimos describir las especificaciones físicas del material:

**Tabla 5**

*Especificaciones técnicas Perfil Negro PHR*

<b>Especificaciones Perfiles en Acabado Negro con Anticorrosivo y Galvanizado Grado 50</b>		
<b>Norma de Fabricación</b>		NTC 5685
<b>Acero Estructural:</b>		NTC 4011 (ASTM A653) (ASTM A-1011) SS - Grado 50
<b>Esfuerzo de fluencia mínimo, Fy</b>	PSI	50
	MPa	340
<b>Resistencia a tensión mínima, Fu</b>	PSI	65
	MPa	450
<b>% de elongación Acabado Negro y con Anticorrosivo</b>	%	e<1.6 mm: 11% 1.6≤e<2.5 mm: 16% 1.6≤e<6.0 mm: 17%
<b>% de elongación Acabado galvanizado</b>	%	12%

*Nota:* La tabla relaciona la información correspondiente a las propiedades mecánicas de los perfiles metálicos usados para las estructuras metálicas. Ficha Técnica de ACESCO.

El acero por utilizar en los sistemas de resistencia de carga sísmica debe cumplir con los requisitos especificados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y conforme a lo descrito, se realiza el uso de perfiles ASTM A572 GRADO 50 Y ASTM A37 para las Estructuras Metálicas de la I.E.T.G.J.

La ejecución de las actividades comprende la instalación de perfil negro PHR espesor 3.0 mm, decapado (proceso que permite limpiar y preparar la superficie metálica mediante la remoción de capas superficiales para mejorar su acabado y prevenir la corrosión) (Wikipedia - Enciclopedia Libre, 2022), mejora de limpieza de estos elementos previamente a la aplicación de la pintura.

**Figura 31**  
Perfil PHR



*Nota:* La Figura muestra los perfiles metálicos PHR. Ficha Técnica de ACESCO.

**Tabla 6**

*Secciones de Perfiles*

Referencia	Sección Perfil			Espesores en milímetros			
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	3.0	2.5	2.0	1.5
				Peso kg/m			
<b>Perfil en C 100 x 50</b>	100	50	15	5.06	4.22	3.38	2.53
<b>Perfil en C 120 x 60</b>	120	60	15	6.12	5.1	4.08	3.06
<b>Perfil en C 150 x 50</b>	150	50	17	6.31	5.26	4.21	3.16
<b>Perfil en C o Z 160 x 60</b>	160	60	20	7.16	5.97	4.77	3.58
<b>Perfil en C o Z 203 x 67</b>	203	67	19	8.43	7.03	5.62	4.21
<b>Perfil en C o Z 220 x 80</b>	220	80	20	9.56	7.97	6.37	4.78
<b>Perfil en C o Z 254 x 67</b>	254	67	18	9.56	7.97	6.37	4.78
<b>Perfil en C o Z 305 x 80</b>	305	80	25	11.73	9.77	7.82	5.86
<b>Perfil en C o Z 355 x 110</b>	355	110	25	14.25	11.87	9.5	

*Nota:* La tabla relaciona la información correspondiente a las propiedades físicas (dimensiones) de los perfiles metálicos usados para las estructuras metálicas. Ficha Técnica de ACESCO.

La referencia de los perfiles usados en la ejecución de actividades de las estructuras metálicas de la I.E.T.I.G.J. es C 150 X 50.

Para asegurar la calidad de los materiales utilizados en el proyecto, éstos serán adquiridos a través de proveedores comerciales confiables y reconocidos en el mercado. De acuerdo con el plan de calidad, se solicitarán los certificados correspondientes que validen la calidad de las materias primas y los procesos de fabricación de los productos. (Educativo, Plan de Gestión de Calidad para la ejecución del Contrato de Obra No.1380-1606-2022, 2022)

Los proveedores deberán demostrar que los materiales fueron almacenados y manipulados a lo largo de la cadena de suministro de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes. Esto garantiza que se mantuvieron las propiedades y la integridad de los materiales.

Asimismo, durante la adquisición se debe tener en cuenta el manejo de sustancias potencialmente peligrosas para el medio ambiente o la salud, como contaminantes, tóxicos, inflamables, explosivos o radiactivos.

La selección rigurosa de los proveedores y la verificación de los certificados de calidad son imprescindibles para garantizar que los materiales utilizados en el proyecto cumplan con los estándares, aportando a construir una infraestructura segura y confiable.

### **Pintura**

Consiste en un esmalte sintético, barniz, anticorrosivo, pasta para esmalte, pasta para lacas, productos adecuados para proteger y decorar superficies metálicas y de madera en ambientes interiores y exteriores. (Pinturas Super, 2023)

La pintura anticorrosiva juega un rol clave en la protección de estructuras de acero u otros metales. Esta se aplica como una primera capa con el objetivo principal de prevenir la oxidación y corrosión del material metálico, además, este recubrimiento inicial prepara la superficie para la posterior aplicación de otras capas de pintura decorativa o de acabado, mejorando la adherencia entre las diferentes películas de recubrimiento. (Pinturas Super, 2023)

Teniendo en cuenta que la pintura a utilizar corresponde a un material líquido viscoso, coloreado característico y proveniente del hidrocarburo asfáltico, conforme a las propiedades químicas propias de este insumo, se recomienda que el mismo no sea aplicado bajo condiciones de luz solar a altas temperatura, contacto con agentes oxidantes, contacto con aluminio o zinc, dado que, sus características propias pueden ser modificadas, afectando la calidad del producto.

Se puede considerar como patologías a los problemas causados por el deterioro y/o mala preparación del soporte en la aplicación de pintura, tales como, eflorescencia y alcalinidad, las cuales provocan una desintegración de la capa y solubilidad con la superficie.

Asimismo, la superficie puede ser objeto de modificación por entizado, producto de la presencia de polvo y superficies expuestas al exterior por los factores atmosféricos propios del lugar, ya sea, humedad y temperatura.

Sogamoso es un municipio ubicado en el departamento de Boyacá, Colombia, específicamente en la región del Alto Chicamocha. Debido a su localización geográfica, este municipio presenta un clima templado, con temperaturas que oscilan normalmente entre los 9°C y 19°C, dichas temperaturas son propias de los climas de montaña y valles interandinos, es decir, el ambiente Sogamoseño es fresco durante todo el año y el mismo no presenta grandes variaciones entre estaciones.

La elección de dicho insumo es consecuente con las condiciones climáticas de Sogamoso, pues, este tipo de pintura es apta y se adapta adecuadamente al proceso de secado y desempeño del recubrimiento en condiciones de clima frío.

La selección de materiales debe responder a las condiciones geográficas y ambientales particulares del sitio, para garantizar la correcta aplicación y el desempeño óptimo según lo indicado por los fabricantes.

Se entiende que, las estructuras metálicas en acero, como método constructivo, presenta algunas desventajas que se deben considerar. Al estar expuesto al agua y al aire, el acero tiende a ser susceptible a los efectos de la corrosión. Esto hace que los recubrimientos de pintura en las estructuras requieran un mantenimiento más frecuente y periódico para su protección. (Fredy Alexander, Devera Rueda y Denise Carolina Ortiz Palencia, 2019)

Considerando las condiciones ambientales del municipio de Sogamoso, la calidad del aire presenta partículas contaminantes de diámetros inferiores a 2,5 micrómetros. Estas características provocan que el proceso de oxidación en las estructuras metálicas sea más lento.

Por otro lado, Sogamoso tiene un clima variable, con cambios frecuentes entre lluvia y sol a lo largo del día, situación que genera fluctuaciones en los niveles de humedad, los cuales oscilan alrededor de 21°C y esta situación propicia que los procesos de corrosión en el acero sean más acelerados.

En conclusión, el ambiente de Sogamoso, con bajos niveles de contaminantes, pero altas variaciones de humedad, presenta condiciones mixtas que podrían retardar y acelerar la corrosión en estructuras metálicas.

Por tal razón, se resalta la importancia de considerar el contexto geográfico específico para el diseño estructural en acero, seleccionando adecuadamente las técnicas de protección contra la corrosión según el entorno al que estará expuesta la infraestructura.

### **Normatividad**

Con el fin de dar cumplimiento a los estándares normativos y de calidad establecidos en el contrato de obra se consideró la normatividad que se encuentran en los términos de referencia y especificaciones técnicas del contrato de obra No.1380-1606-2022:

- a) Normas Técnicas Colombianas para el planeamiento, diseño y dotación de instalaciones y ambientes escolares, (NTC 4595 de 1999, NTC 4596 de 1999, NTC 4641- 4732-4733/99).
- b) Normas Técnicas Colombianas – NTC 5685 de 2018– Perfiles estructurales de acero conformados en frío.



- c) Normas Técnicas Colombianas – NTC 4011 – Láminas de acero recubiertas con zinc (galvanizadas) o recubiertas con aleación hierro-zinc (galvannealed) mediante procesos de inmersión en caliente.
- d) Organización Internacional de Normalización – ISO 9001 – Sistema de Gestión de Calidad (SGC).
- e) Organización Internacional de Normalización – ISO 14001 – Sistema de Gestión Ambiental (SGA).

### **Patologías en las Estructuras Metálicas**

El acero se ha consolidado como un material ampliamente utilizado en la construcción gracias a los beneficios que ofrece en términos de versatilidad, resistencia y facilidad de ensamblaje. La industrialización impulsó en gran medida la adopción del acero como método constructivo. (Devera Rueda & Ortiz Palencia, 2019)

Entre las ventajas que presenta se encuentran su alta resistencia en relación a su peso, lo cual permite luces y cargas importantes con elementos esbeltos. Además, la prefabricación en planta de las piezas disminuye tiempos en obra y reduce costos de mano de obra.

El ensamblaje de la estructura de acero se realiza mediante uniones flexibles. Esto, sumado a la liviana prefabricación, otorga gran adaptabilidad al momento de montar la estructura metálica.

Al igual que el concreto, el acero como material estructural puede diseñarse para resistir adecuadamente cargas verticales y fuerzas horizontales como sismos o viento. (Devera Rueda & Ortiz Palencia, 2019)

Si bien el acero presenta grandes ventajas como material estructural, también tiene algunas desventajas que se deben considerar. Una de las principales es su susceptibilidad a la corrosión cuando se encuentra expuesto a la humedad y agentes atmosféricos. La corrosión puede disminuir la sección resistente de los elementos de acero y comprometer su capacidad estructural.

Esto hace necesario que las estructuras de acero cuenten con sistemas de protección, como pinturas y recubrimientos, que requieren un mantenimiento periódico. Los intervalos de repintado suelen ser más cortos comparados con otros materiales como el concreto.

Aunque existen aceros con aleaciones y tratamientos que mejoran su resistencia a la corrosión, sigue siendo un tema para considerar durante el diseño para definir espesores adicionales de corrosión y prever adecuadamente las actividades de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la estructura de acero. (Devera Rueda & Ortiz Palencia, 2019)

Las estructuras metálicas están formadas en su mayoría de partes de metal, normalmente de acero (Quispe, 2023) y el uso de estos elementos en el sector de la construcción han sido intensificados, dado que, se han optimizado plazos de ejecución, costos, insumos y mano de obra, etc. asimismo, se garantiza estabilidad estructural, pues, este componente brinda resistencia, durabilidad y firmeza en las edificaciones.

El uso de estructuras de acero en la construcción en Colombia tiene sus inicios a principios del siglo XX, con algunas obras emblemáticas como puentes y teatros. Sin embargo, es a partir de la década de 1990 que este tipo de construcción metálica empieza a popularizarse significativamente.

Esto se debe en gran parte a la introducción de nuevos sistemas de ensamblaje y técnicas de construcción que expanden la versatilidad del acero estructural para todo tipo de edificaciones. El interés y adopción de este método constructivo ha ido en aumento. No obstante, la proliferación de estructuras metálicas también conlleva la responsabilidad de garantizar los estándares mínimos de seguridad. El posible colapso de una edificación puede tener consecuencias trágicas. Por esto, es indispensable cumplir con todas las normas vigentes y requerimientos técnicos que protegen la vida humana ante eventos extremos. (Ministerio de Comercio, 2015)

En Colombia existen varias normativas técnicas que regulan el diseño, construcción y supervisión de estructuras de acero para edificaciones. Entre las principales se encuentran:

- Ley 400 de 199, la cual establece normas sobre construcciones sismo-resistentes.

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, el cual contiene requisitos de análisis, diseño y detallamiento en sus títulos A, F e I.
- Decreto 945 de 2017, el cual regula la supervisión técnica en construcciones que involucran este tipo de estructuras metálicas.
- Manuales de montaje y fabricación, los cuales proporcionan lineamientos constructivos.

En conjunto, estas reglamentaciones abordan de forma integral temas como requerimientos de diseño estructural, resistencia sísmica, fabricación, montaje, uniones, protección contra corrosión, y supervisiones técnicas necesarias. Documentan los requisitos mínimos obligatorios de manera teórica y legislativa. (Devera Rueda & Ortiz Palencia, 2019).

El cumplimiento de estas especificaciones técnicas y legales por parte de diseñadores, constructores y supervisores es fundamental para garantizar estructuras metálicas seguras y con un desempeño adecuado frente a solicitudes como sismos. (Devera Rueda & Ortiz Palencia, 2019).

En vista de que, las estructuras metálicas pueden ocasionar un mayor nivel de riesgo de colapso, algunas de las principales causas pueden ser la corrosión, la erosión por abrasión, el juego de las uniones, el efecto de la fatiga y el efecto del impacto; no obstante, las fallas de estas estructuras también involucran factores externos (condiciones físicas del entorno), diseño, calidad de los materiales y/o prácticas constructivas mal ejecutadas.

La estabilidad y durabilidad de las estructuras metálicas puede verse comprometida por diversos factores:

- Deterioro del material por corrosión u otros mecanismos.
- Deficiencias en el diseño estructural o en los cálculos realizados.
- Errores durante la fabricación o el montaje de los elementos de acero.

- Falta de control de calidad en la construcción.
- Modificaciones al uso o configuración de la estructura respecto al diseño original.
- Variación de las condiciones del suelo de cimentación, como asentamientos.
- Eventos accidentales como sismos, incendios o impactos.

Todos estos aspectos pueden reducir la capacidad resistente de la estructura por debajo de los niveles previstos o causar inestabilidad.

Es crucial que los profesionales a cargo consideren estos factores potenciales de riesgo durante el diseño, construcción y uso de las edificaciones con estructura metálica. Esto permitirá tomar medidas preventivas para garantizar el buen desempeño ante los agentes mencionados. (Salom, 2021, pág. 2)

Las patologías más frecuentes en las estructuras metálicas consisten precisamente en deformaciones por deficiencias en el diseño y proceso constructivo, tal como se pudo evidenciar durante el año 2006 durante la construcción de la Torre de la Escollera, un edificio sin terminar en Cartagena de Indias, el cual estimaba una altura de 206 metros y alrededor de 50 pisos, todos con fin residencial; no obstante, durante el proceso de construcción se identificó la existencia de una curvatura en la estructura de acero del edificio (entre los pisos 28 y 40), situación que involucraba algunas uniones entre columnas y vigas. "Tales circunstancias hacen que la estructura sea vulnerable a la acción de fuerzas horizontales como vientos o eventuales sismos"; con el fin de asegurar y aportar seguridad a los residentes, se concluyó que la mejor opción era el desmonte de las estructuras, dado que, el mismo era sujeto a un mayor riesgo de colapso, por causas implicadas directamente con la estructura metálica. (Portafolio, s.f.)

Las estructuras de acero pueden verse afectadas por patologías de origen químico y mecánico. Las lesiones químicas se producen por la degradación progresiva de las propiedades del material, dado que los metales tienen una cierta predisposición natural a la oxidación.

Considerando que las estructuras metálicas están expuestas a la intemperie y a las condiciones ambientales, se genera una reacción química entre el metal y el medio que da lugar a procesos de corrosión en la superficie.

En cuanto a las lesiones mecánicas, estas involucran fallas propias del material o errores en el proyecto, es decir, defectos en el diseño, la fabricación y el montaje, así como el uso de insumos inadecuados y malas prácticas constructivas.

En síntesis, existen dos factores principales que pueden comprometer la durabilidad y desempeño de las estructuras de acero:

- La susceptibilidad del acero a sufrir corrosión cuando se encuentra expuesto a la humedad y agentes atmosféricos. Esto deteriora el material reduciendo su capacidad resistente.
- Deficiencias mecánicas producto de errores en el diseño, fabricación o montaje de la estructura. Esto también disminuye su capacidad portante.

Para controlar estos problemas, es necesario partir de un diseño estructural adecuado y garantizar una ejecución cuidadosa que cumpla los estándares. Además, se deben implementar técnicas de protección contra la corrosión, como pinturas y recubrimientos protectores.

Atendiendo apropiadamente estos factores críticos, es posible lograr estructuras metálicas duraderas, seguras y con un comportamiento óptimo durante toda su vida útil. (Maldonado, Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas, pág. 34)

Los defectos de fabricación de insumos para las estructuras metálicas son relativos, los mismos parten desde las deformaciones superficiales, fisuras, roturas hasta llegar y desgarre laminar, deterioros de las estructuras que perjudican directamente el desempeño de los elementos estructurales.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 establece en su Título F los requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras metálicas en acero y/o aluminio.

Este título desarrolla las disposiciones que se deben cumplir con el fin de reducir el riesgo de pérdida de vidas humanas y defender el patrimonio del Estado y los ciudadanos, en particular, el Título F aborda aspectos como materiales, análisis y diseños, durabilidad, conexiones, fabricación y montaje e inspección y pruebas, cuya correcta aplicación de estos lineamientos técnicos son indispensables para garantizar un nivel adecuado de seguridad y desempeño de las edificaciones con estructura metálica (Ministerio de Ambiente, 2010),

Por otro lado, el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente NSR-10, ha establecido el Título I – Supervisión Técnica, el cual dispone que las edificaciones cuyas áreas superen 3000 metros cuadrados deben ser sometidas a una supervisión técnica, esto con el fin de afianzar el cumplimiento a cabalidad de la ejecución de las actividades establecidas en los planos, diseños y especificaciones en la etapa de estudios y diseños.

El Contrato de Obra No.1380-1606-2022 se dirige a la terminación de la construcción de la I.E.T.I.G.J, estableciendo el uso de estructura metálica para cubiertas, cuyos elementos incluyen vigas IPE, vigas acarteladas, pernos, láminas, anclajes, acabados conforme a planos estructurales y arquitectónicos.

Asimismo, se establece en el contrato de obra No.1380-1606-2022 realizar el suministro de los materiales de consumo, el suministro de la maquinaria y de la herramienta para la fabricación de piezas, el corte, soldadura, pruebas de aceptación y demás actividades necesarias para la fabricación de los elementos necesarios según planos, el transporte y el montaje de los elementos. (Manual de Especificaciones Técnicas de Materiales y de Construcción, 2017) para el desarrollo de las actividades de construcción en las Estructuras Metálicas.

Teniendo en cuenta que, el control de calidad es una forma de verificar el estándar de un producto o servicio durante su proceso de elaboración, este también fundamental en cualquier proceso industrial, ya que el mismo permite hacer un seguimiento a las acciones productivas y así disminuir errores, fallas o defectos. (Nirian, 2020).

Considerando que, se desarrollaran actividades que involucran procesos mecánicos, industriales, constructivos, se hace necesario efectuar un seguimiento continuo del control de calidad a las actividades de las estructuras metálicas de la I.E.T.I.G.J., con el fin de asegurar que todas las actividades ejecutadas cumplan y/o superen los estándares de calidad propuestos en las especificaciones técnicas de construcción y la normatividad legal vigente.

### **Patologías en las estructuras metálicas**

Las lesiones o patologías son alteraciones que se presentan en los elementos que conforman una edificación. En las estructuras de acero, se pueden identificar tres grupos principales de procesos patológicos: corrosión, defectos de fabricación y/o defectos de montaje. (Maldonado, Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas, 2001).

Los procesos patológicos que se pueden identificar en las estructuras metálicas respecto a los elementos estructurales se caracterizan en orden mecánico, físico y químico.



### **Procesos mecánicos**

Estas deformaciones surgen en función de los elementos estructurales y las mismas puede presentarse en conjunto, estas pueden conducir a colapsos, deformaciones en los elementos estructurales. Las lesiones que se pueden presentar en las estructuras metálicas tienen diversos orígenes potenciales:

- Fallos relacionados con el propio material, como corrosión, fatiga o fractura frágil del acero.
- Deficiencias en el proyecto estructural, como errores de modelación, diseño inadecuado o detallamiento incorrecto.
- Imperfecciones durante la fabricación de los elementos metálicos, por ejemplo, debido a problemas en la laminación, corte, taladrado o soldadura.
- Defectos durante la construcción o montaje en obra, por ejemplo, daños por manipulación y transporte deficientes, ensamblaje incorrecto de piezas o errores durante las uniones soldadas.
- Falta de mantenimiento, lo que puede acelerar procesos como la corrosión.

La aparición de lesiones pone en evidencia problemas en alguno o varios de los eslabones del proceso de materialización de la estructura. (Maldonado, Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas, 2001)

A continuación, se relaciona las patologías que se pueden presentar en las estructuras metálicas en orden mecánico:

En primera instancia se mencionan las patologías de rotura frágil, las cuales indican que el acero es un material dúctil, es decir, admite deformaciones apreciables antes de la rotura, favoreciendo la detección de cualquier problema antes de que se produzca el fallo. Sin embargo, en

algunas ocasiones, especialmente en el caso de conectores, chapas, elementos de unión (tornillos), soldaduras, puede comportarse de forma frágil y romper de forma brusca. Algunos factores que favorecen la rotura frágil son las bajas temperaturas, estados de tracción, mala ejecución de las soldaduras, cambios bruscos de sección, etc. (Salom, 2021, pág. 4)

Asimismo, se pueden presentar rotura por fatiga, las cuales están “relacionada con el agotamiento del material debido a variaciones repetitivas de los esfuerzos. Se trata de una rotura brusca y sin avisar, semejante a la rotura frágil, lo que la hace también peligrosa. Normalmente ocurre cuando el elemento tiene alguna anomalía superficial en la que se originan unas fisuras, a veces imperceptibles, que conducen a la rotura.” (Salom, 2021, pág. 4)

Asimismo, se puede presentar patologías de desgarro laminar, “defecto específico de elementos estructurales soldados cuando aparecen deformaciones en la misma dirección del plano de las capas de soldadura, como consecuencia de la retracción del material de aportación, llegando a provocar una rotura frágil de la unión” (Maldonado, Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas, 2001, pág. 215)

### **Procesos químicos**

Estas imperfecciones surgen debido a la presencia de contaminantes en la atmósfera, los cuales provocan la transformación de los elementos estructurales metálicos.

A continuación, se relaciona las patologías que se pueden presentar en las estructuras metálicas en orden químico:

La corrosión es un proceso químico que provoca la degradación progresiva de las propiedades de los materiales metálicos. Este fenómeno ocurre en estructuras no protegidas, es decir, las que están expuestas al aire y la humedad, los cuales aceleran la presencia de ambientes agresivos.

La corrosión puede ser química o electroquímica, dependiendo de si la reacción se produce directamente con el medio ambiente o involucra un par galvánico, respectivamente.

La corrosión es el tipo de lesión más conocido y detectable en el acero, pues, esta anomalía afecta únicamente la superficie de los elementos metálicos, y consiste en un proceso químico por el cual el metal se va deteriorando superficialmente, perdiendo material de manera progresiva.

(Maldonado, Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas, 2001)

Tras realizar la etapa de diagnóstico y reconocimiento de la obra de la I.E.T.I.G.J., se llevó a cabo una apreciación técnica visual de las estructuras metálicas existentes, con el fin de detectar anomalías, fallas y/o patologías que pudiesen afectar la estabilidad de la obra.

Durante este ejercicio, se ejecutó un ensayo no destructivo de inspección visual y un examen exhaustivo de las uniones soldadas ya ejecutadas. Este ensayo se desarrolló con ayuda de dispositivos ópticos e instrumentos de medición, determinándose que, según la apariencia y estado actual de dichas estructuras, presentan corrosión y oxidación superficial, los cuales corresponden a cambios de los insumos netamente estéticos.

### **Análisis de Información**

La I.E.T.I.G.J. será un espacio para una comunidad educativa conformada por 940 estudiantes y un grupo de 60 personas entre administrativos y docentes, dicha infraestructura contempla dentro del alcance contractual, la implementación de elementos estructurales metálicos; teniendo en cuenta la importancia e impacto que generan estas, se procede a realizar el siguiente análisis de información:

Inicialmente, la Unión Temporal MEN 2016, firma contratista del Contrato marco No.1380-37-2016 elaboró los diseños y estudios técnicos de la I.E.T.I.G.J durante la vigencia del 2016, estos fueron diseñados conforme al reglamento NSR-10, dicha información fue aprobada en abril de 2017 por parte de la Entidad Contratante, considerando que, la estructura de la edificación fue diseñada conforme a los parámetros establecidos en la minuta contractual, es decir, que la estructura diseñada cumplió a satisfacción con la resistencia y rigidez adecuadas ante las cargas muertas, vivas y ambientales.

Una vez realizada la verificación de los entregables de la Etapa de Estudios y Diseños, se evidenció que los mismos cumplían a cabalidad con el Reglamento de la NSR-10, así como, las especificaciones técnicas, planimetría y componente presupuestal son consecuentes conforme a la necesidad del proyecto.

Así las cosas, se deduce que los diseños estructurales son correctos, dado que, los mismos cumplieron con parámetros iniciales (amenaza sísmica, aceleraciones, grupo de uso, cargas, etc.), por otro lado, la estructura construida se encuentra en condiciones adecuadas con respecto al sistema principal de resistencia de fuerza sísmica y cargas gravitacionales, no obstante, se debe considerar y contemplar la ejecución de actividades de reparaciones locales de temas como corrosión, óxido y deterioros en la capa exterior. estructura metálica de cubiertas, etc.

En la etapa diagnóstica del proyecto, se evidenció que el capítulo correspondiente al de armadura (estructura metálica) fue ejecutado aproximadamente en un 50% durante el tiempo que el proyecto estuvo activo, de modo que, se procedió a realizar una inspección visual a los elementos instalados, así como, una revisión en el archivo documental de los certificados de calidad de los insumos utilizados en esa parte del proyecto.

Producto de la revisión del archivo documental e inspección visual técnica realizada a las estructuras metálicas de la Institución Educativa Técnico Industrial Gustavo Jiménez, el especialista concluyó que las actividades ejecutadas por la firma contratista anterior fueron realizadas conforme a los diseños estructurales aprobados y especificaciones técnicas establecidas en el proyecto, así como, el uso de insumos o materiales acatando las características requeridas en cuanto a la gestión de calidad.

Tras realizar la etapa de diagnóstico y reconocimiento de la obra, se llevó a cabo una valoración de las estructuras metálicas existentes en las instalaciones de la I.E.T.I.G.J. Los profesionales a cargo de la obra e interventoría determinaron, con base en la apariencia y estado actual de dichas estructuras, que las anomalías evidenciadas en ellas no comprometen la resistencia y estabilidad.

Esto se debe a que el acero inoxidable con el cual están construidas, por sus propiedades, no ve afectadas significativamente sus cualidades de firmeza, pese a haber estado expuestas a condiciones de humedad, agua y aire durante su vida útil.

Por lo tanto, el diagnóstico realizado permite concluir que, a pesar del deterioro superficial detectado, la capacidad portante de las estructuras metálicas se mantiene en niveles adecuados y no representan un riesgo para la estabilidad de la edificación. Sin embargo, se recomienda y se requiere ejecutar un tratamiento sobre las estructuras metálicas existentes en el sitio. Este consistiría en retirar

la capa superficial de óxido que presentan actualmente, mediante los métodos indicados en las especificaciones técnicas de construcción.

Como primer paso del tratamiento, se llevará a cabo un pretratamiento metálico en las estructuras existentes, conocido comúnmente como "fosfatizado". Este proceso involucra realizar una limpieza profunda de las superficies metálicas para eliminar por completo la corrosión y el óxido presente.

Posteriormente, se aplicará un recubrimiento de fosfato que cumplirá dos objetivos principales. Por un lado, proporcionará una base uniforme, sólida y adherente para facilitar la aplicación posterior de la pintura anticorrosiva. Por otro lado, este recubrimiento de fosfato brindará protección adicional al metal contra futuros procesos de corrosión.

La correcta preparación de superficie y aplicación del recubrimiento anticorrosivo son fundamentales para obtener una protección duradera y efectiva. Por esto, el proceso deberá ser ejecutado por personal calificado, certificado y con experiencia demostrada en este tipo de trabajos, garantizando en todo momento el cumplimiento de las normas técnicas vigentes.

Como paso final del tratamiento, se aplicará la pintura anticorrosiva sobre las estructuras metálicas, siguiendo estrictamente las especificaciones técnicas establecidas. Esto implica la aplicación de dos manos de pintura anticorrosiva, dejando secar completamente cada mano antes de aplicar la siguiente.

Es crucial ceñirse a los tiempos de secado indicados entre manos para garantizar una adhesión adecuada y obtener el máximo desempeño del recubrimiento, el correcto procedimiento logrará proteger efectivamente el acero inoxidable subyacente, evitando la corrosión y deterioro en el tiempo. (Educativo, 2022).

## **Identificación de aspectos para considerar en el proceso de verificación de calidad de insumos y procesos constructivos de las estructuras metálicas.**

Con el fin de dar cumplimiento a los estándares normativos y de calidad establecidos, cuya finalidad consiste en reducir fallas futuras y afianzar confianza y seguridad a la comunidad beneficiada, se deben considerar los siguientes aspectos en la supervisión técnica para llevar a cabo las actividades de control de calidad en las actividades de las estructuras metálicas:

### **Insumos**

#### **Recepción de Insumos en obra**

En cuanto al Plan de Gestión de Calidad estipulado por parte del Contratista de obra, esta actividad puede ser desarrollada por parte del Almacenista o si es el caso por el Residente e obra, comparando el material a recibir con el Contrato FT-047 o la Orden de Compra FT-014. (Ver Anexos); no obstante, la responsabilidad es directamente del contratista de obra, pues, al momento de la suscripción del contrato, este adquirió el compromiso de entregar la obra ejecutada y hasta no ser entregada a satisfacción, la responsabilidad le aluce como dueño de la obra.

Los apartados para considerar para efectuar el control de la calidad en las etapas de recepción de material son los siguientes:

- Cantidad
- Número de Orden
- Proveedor
- Descripción del material.
- Revisión de distintivo de calidad.
- Estado del material

Una vez aceptado el material en su totalidad, el Almacenista y/o residente efectúan el diligenciamiento del formato Recibo de Materiales FT-015 (Ver Anexos), la cual debe ser firmada por parte de la persona que recibe y acepta el material, así como, entregar una copia al proveedor, para iniciar el trámite de pago respectivo.

En caso de evidenciarse materiales dañados, inadecuados o no conformes suministrados por el contratista o proveedores externos durante la inspección visual y técnica, ya sea fisuras, esbeltez, roto, doblado, superficies desiguales, vencido o desportillado, medidas incorrectas, color y/o referencia impropia con la remisión de los insumos de obra, se deberá rechazar y notificar al contratista de obra el no cumplimiento de las especificaciones técnicas, con el fin que este adelante las gestiones de cambio que haya a lugar.

En caso de encontrarse un aspecto no conforme, el contratista de obra registra esta observación en el Formato FT-015 (Ver Anexos), como en la remisión del Subcontratista y/o Proveedor, así como, debe ser firmada y sellada por parte del almacenista y/o residente de obra.

En cuanto al Plan de Gestión de Calidad (PGC) de la firma interventora, dichos materiales deben ser verificados por parte del Ingeniero Residente de Interventoría, supervisando que las dimensiones, localización, secuencia constructiva, tolerancias y acabados correspondan a lo establecido en las especificaciones técnicas y los planos de construcción.

Una vez verificados los elementos anteriormente expuestos, se hace necesario validar que los insumos cumplan y apliquen satisfactoriamente las especificaciones del cliente descritos en estudios previos, Contrato de Obra y Anexo Técnico.



### Traslado de materiales

El traslado de los materiales debe ser realizado con personal capacitado y la movilización de este insumo, se debe realizar conforme a la geometría y peso de las estructuras; considerando que fueron establecidas secciones tubulares cuadradas, estas pueden ser movilizadas por montacargas.

El transporte de materiales debe ser realizado por personal capacitado, con el objetivo de prevenir incidentes como caídas, golpes, cortes o deformaciones del material. La capacitación adecuada del personal que manipula y traslada los materiales es clave para garantizar su integridad y evitar accidentes o daños.

Así las cosas, los apartados para considerar para efectuar el control de la calidad en las etapas de traslado de material son los siguientes:

- Inspección visual completa del montacargas.
- Funcionamiento correcto del elevador.

Previamente a efectuar el traslado de los materiales, se deberá verificar el cumplimiento del espacio para el almacenamiento.

### Figura 32

#### *Traslado de materiales*



*Nota:* La figura expone el traslado y llegada de las estructuras metálicas en la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia

### **Almacenamiento de los Insumos**

El depósito de materiales debe asegurar el sostenimiento de las propiedades de los materiales manteniendo la preservación durante el tiempo de ejecución del proyecto.

El espacio asignado para el almacenamiento debe ser verificado visualmente por parte del Ingeniero Residente de Interventoría, evidenciando que este garantice las dimensiones requeridas para el acopio, se encuentre libre de sustancias contaminantes del medio ambiente, tóxicas, radioactivas e inflamables, así como, no se evidencie o presencia filtraciones de agua a través del techo y/o paredes.

El almacenamiento de materiales en forma inadecuada puede afectar directamente la calidad del producto contribuyendo a generar no conformidades en estos, patologías y fallas de corrosión, esbeltez, fisuras y roturas en las estructuras metálicas.

En caso de presentarse no conformidades en los materiales recibidos en obra, el residente de obra y/o almacenista procede a realizar el aislamiento de estos en una zona situada o se identifican con un letrero de material no conforme, para evitar su uso no intencional.

Teniendo en cuenta que se puede presentar no conformidades en los materiales por almacenamiento o manipulación inadecuada, para garantizar el correcto manejo de estos se diligencia el formato FT-018 Control de materiales almacén (Ver Anexos),

Los requisitos para considerar al efectuar el control de la calidad en las etapas de recepción de material son los siguientes:

- Almacenamiento bajo techo protegido de intemperie.

**Figura 33***Almacenamiento de Insumos*

*Nota:* La figura expone el almacenamiento de las estructuras metálicas en la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia

En caso de evidenciarse que el espacio no cumpla con los lineamientos descritos anteriormente, el material no será recibido en el sitio del proyecto, asimismo, se notificará y requerirá al contratista de obra, iniciar las acciones correctivas para acondicionar el espacio asignado como centro de acopio.

Hasta que no se cumpla con un espacio apto para el almacenamiento de las estructuras metálicas en la obra, estas deberán permanecer conservadas en la fábrica y/o empresa proveedora.

**Procesos constructivos**

Este proceso se debe realizar bajo los parámetros establecidos en la Norma Sismorresistente NSR-10 (Titulo F – Estructuras Metálicas) y cumplimiento de los parámetros de Seguridad y Salud en el trabajo según lo establecido por el Ministerio de Trabajo.

**Verificación e inspección superficial**

Esta actividad se realiza visualmente por parte del Ingeniero residente de interventoría, mediante un proceso de evaluación del estado e integridad de una estructura de acero, con el fin de identificar que los elementos no cuenten con defectos superficiales, ya sea a detección de corrosión, óxido, golpes, plegados y/o deformaciones del material.

La ejecución de esta actividad debe ser consecuente con los materiales y/o insumos suministrados y recibidos en obra, descritos en el Formato FT-015 Recibo de materiales (Ver Anexos), la cual es suscrita por parte del proveedor y contratista de obra.

Los apartados para considerar para efectuar el control de la calidad durante la Etapa de Inspección Superficial son los siguientes:

- Cantidad.
- Condiciones físicas del Insumo (Estructuras).

En caso de evidenciarse que los insumos presenten defectos superficiales, conforme a lo establecido en el Plan de Gestión de calidad del contratista e interventoría, se procederá a efectuar la parálisis de la ejecución de actividades y requerir al contratista de obra la presentación de la totalidad de formatos FT-018 Control de materiales almacén (Ver Anexos), así como, un recorrido de inspección en el espacio del almacén y zona asignada para los materiales no conforme.

Una vez realizadas las actividades precedentes, se deriva lo siguiente:

Si no hay existencia de diligenciamiento de Formatos FT-18 (Ver Anexos), de estructuras metálicas y/o variaciones en el espacio asignado para el almacenamiento, se deduce que las alteraciones fueron producto al momento de realizar el traslado de los insumos; por lo tanto, se deberá realizar los ajustes que haya a lugar por parte del contratista de obra y dejar la superficie libre de imperfecciones visibles significativas.

### **Verificación e Inspección de Limpieza**

Esta revisión se realiza visualmente por parte del profesional de interventoría asignado, mediante un proceso de evaluación del estado e integridad de una estructura de acero, verificando que los elementos se encuentren libre de sustancias contaminantes, pintura, sales, desgaste y/o abrasiones.

La ejecución de esta actividad debe ser congruente con los materiales y/o insumos suministrados y recibidos en obra, descritos en el Formato FT-015 Recibo de materiales (Ver Anexos), la cual es suscrita por parte del proveedor y contratista de obra.

Los apartados para considerar para efectuar el control de la calidad durante la Etapa de Inspección Superficial son los siguientes:

- Cantidad.
- Condiciones físicas del Insumo (Estructuras).

**Figura 34***Limpieza de la superficie e Insumos*

*Nota:* La figura muestra el proceso de limpieza realizado en las Estructuras Metálicas de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia

En caso de evidenciarse que los insumos presenten suciedad, pintura, oxido y/o gotas de soldadura, conforme a lo establecido en el Plan de Gestión de calidad del contratista e interventoría, se procederá a efectuar la parálisis de la ejecución de actividades y requerir al contratista de obra la presentación de la totalidad de formatos FT-018 Control de materiales almacén (Ver Anexos), así como, un recorrido de inspección en el espacio del almacén y zona asignada para los materiales no conformes.

Una vez realizadas las actividades precedentes, se deriva lo siguiente:

Si no hay existencia de diligenciamiento de Formatos FT-18 de estructuras metálicas y/o variaciones en el espacio asignado para el almacenamiento, se deduce que las variaciones fueron producto al momento de realizar el traslado de los insumos; por lo tanto, se debe realizar proceso de abrasión y/o los ajustes que haya a lugar por parte del contratista de obra, con el fin de eliminar el material existente en la superficie.

### **Verificación e Inspección en la mano de obra**

Esta verificación debe realizarse cumpliendo lo establecido en el Decreto 1072 de 2015 y Resolución 0312 de 2019, los cuales dictan disposiciones legales para la estructura e implementación del sistema de seguridad y salud en el trabajo SG – SST.

Teniendo en cuenta el Plan de Calidad del contratista de obra, la vinculación de personal al proyecto es seleccionada con base en la descripción de cargo requerida, es decir, los mismos cuentan con las competencias laborales requeridas para la ejecución de estas actividades, es decir, las personas vinculadas para la ejecución de estas actividades cuentan con la capacidad y la formación académica concreta. (Educativo, Plan de Gestión de Calidad para la ejecución del Contrato de Obra No.1380-1606-2022, 2022)

Los apartados para considerar para efectuar el control de la calidad durante la Etapa de Inspección de mano de obra son los siguientes:

- Montaje
- Armado de la estructura
- Ajuste a las conexiones de los perfiles.

#### **Figura 35**

*Verificación Mano de obra*



*Nota:* La figura expone el montaje y armado de las estructuras metálicas de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia

La ejecución de esta actividad debe ser coherente con los materiales y/o insumos suministrados y recibidos en obra, descritos en el Formato FT-015 Recibo de materiales (Ver Anexos), la cual es suscrita por parte del proveedor y contratista de obra.

Cuando se verifique el desarrollo de las actividades en la ejecución de la obra, estas serán registradas en la bitácora de obra del proyecto, detallando el estado en el cual se encontraban las actividades y considerando los criterios de aceptación de la ejecución de obra, asimismo, dicho documento debe ser firmado por parte de los profesionales que realizaron el seguimiento a esta actividad.

Teniendo en cuenta el Plan de Gestión de Calidad del Contratista de obra, se define como "no conformidad" cualquier actividad realizada incorrectamente o fuera de las especificaciones técnicas, dentro del proceso constructivo del presente proyecto. En caso de identificarse algún proceso no conforme durante la ejecución, se debe documentar en el Formato FT-020 Control de Obra (Ver Anexos), incluyendo las evidencias de la no conformidad y la propuesta de tratamiento a implementar. Este documento debe ser firmado por los profesionales responsables tanto de la obra (director y residente) como de la interventoría (director y residente).

La gestión de no conformidades es fundamental en todo proyecto de construcción para garantizar el cumplimiento de las especificaciones y los estándares de calidad. Mediante su pronta detección y la implementación de acciones correctivas, se previenen posibles fallas futuras en el proyecto terminado.

En el momento que sea corregido el producto no conforme, se verifica nuevamente la ejecución de los trabajos realizados y se procede a realizar el diligenciamiento del Formato FT-025 Tratamiento y Seguimiento de Hallazgos, No Conformidades y Observaciones (Ver Anexos).



Una vez, se emita concepto de aprobación del Montaje y Armado de las Estructuras Metálicas, se procede a continuar con el proceso constructivo respectivo.

### **Verificación e Inspección de soldaduras**

La ejecución de actividades de soldadura en las estructuras metálicas es aquella que garantiza la estabilidad y rigidez, pues, esta labor permite efectuar la unión entre los elementos; por lo tanto, este proceso debe ser realizado conforme a lo descrito en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10, el cual establece que el proceso de soldadura en estructura metálica debe ser continuo y monolítico.

El proceso de soldadura es realizado sobre las vigas metálicas y los refuerzos de las vigas de concreto, brindando rigidez e impidiendo la deformación de los elementos.

Uno de los aspectos a considerar en el desarrollo de esta actividad corresponde a las aleaciones, propiedad mecánica que permite la combinación de dos elementos metálicos, esta característica es definida conforme a la resistencia, peso y estructura establecida en el proyecto.

Durante el proceso constructivo de las estructuras metálicas de la I.E.T.I.G.J., las soldaduras de los elementos contemplaron aleaciones de 6061 (ALMg1SiCu), los cuales se caracterizan por tener un grado de resistencia a la corrosión y durabilidad, así como, propiedades dúctiles que permiten dar forma en el acabado de la superficie.

La técnica de inspección más utilizada corresponde al reconocimiento visual, se verifica que la soldadura se encuentre de manera continua en toda la longitud, dirección lineal, superficie homogénea, la cual permitirá aceptar que la penetración del cordón de soldadura es uniforme.

Los apartados para considerar para efectuar el control de la calidad durante la Etapa de Soldadura son los siguientes:

- Personal calificado y competencias labores apropiadas.
- Aleaciones.
- Grado de temperatura para el desarrollo de la actividad.
- Tiempo de ejecución.

El proceso de validación de soldaduras se verifica mediante la aplicación de ensayos no destructivos, ya sea, mediante inspección Visual, control geométrico, líquidos penetrantes, inspección Ultrasónica, etc. este tipo de ensayo permite conocer la posible existencia de defectos en las soldaduras, los cuales, pueden ser objeto de futuras patologías en toda la estructura.

Así las cosas, se procede a contratar los servicios de una compañía certificada y especializada en el desarrollo de ensayos no destructivos, con el fin de que este aporte la información respectiva, para posteriormente ser analizada y conceptuada.

En caso de evidenciarse el no cumplimiento de esta actividad se procede a requerir al contratista de obra para que se adelanten las acciones correctivas que haya a lugar, toda vez, que la continuación de actividades está supeditada a que el ensayo de líquidos penetrantes sea aceptable.

### **Verificación e Inspección estático de uniones**

Las uniones son elementos que permiten mantener estabilidad en los elementos, asimismo, buscan y/o permiten que las cargas sean uniformes y se transmitan imparcialmente sobre la estructura.

La técnica de inspección corresponde al reconocimiento visual, en la cual se verifica que los puntos de la estructura metálica no presenten deformaciones superficiales, es decir, que los pernos, tuercas, uniones no presenten cambios arbitrarios de orientación, así como, modificaciones de tolerancia (diferencia entre las dimensiones de los elementos).

La inspección visual debe ser realizada por parte de los profesionales del contratista e interventoría a corta distancia de los objetos con apoyo de una lupa y cumpliendo los requisitos estipulados en la Resolución No.4272 del 27 de diciembre de 2021, en el cual se establecen los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo de trabajo en alturas.

Los aspectos que se deben considerar para efectuar el control de la calidad durante la Etapa de inspección de uniones son los siguientes:

- Arriostramiento con la estructura.
- Fijaciones de las estructuras metálicas.
- Ajuste de remaches y pernos con la estructura.
- Estabilidad.
- Rigidez.

**Figura 36**

*Inspección en las uniones de la estructura*



*Nota:* La figura expone los puntos de unión realizado en las aulas Básicas de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia

Teniendo en cuenta el Plan de Calidad del Contratista de obra, se deben considerar los siguientes criterios de aceptación:

- No habrá tolerancia en modificaciones de Diseño.
- No se aceptarán enmendaduras en las uniones, remaches y pernos.
- En cuanto al acabado superficial final no se aceptan rallones, quemaduras, hendiduras.

En caso de identificarse un proceso constructivo No conforme, se procede a documentarlo en formato FT-020 Control de Obra (Ver Anexos), el cual debe contener la evidencia de la actividad No Conforme y la propuesta del tratamiento a realizar. Este documento debe ser firmado por parte de los profesionales de obra e interventoría respectivamente.

En el momento que sea corregido el producto no conforme, se verifica nuevamente la ejecución de los trabajos realizados y se procede a realizar el diligenciamiento del Formato FT-025 Tratamiento y Seguimiento de Hallazgos, No Conformidades y Observaciones (Ver Anexos), (Educativo, Plan de Gestión de Calidad para la ejecución del Contrato de Obra No.1380-1606-2022, 2022)

### **Inspección en la aplicación de pintura**

Esta verificación se realiza considerando la calidad del producto, dado que, esta actividad actúa como protección para la superficie de las estructuras metálicas, así como, brindar una estética óptima al proyecto.

Los apartados para considerar para efectuar el control de la calidad durante esta actividad son los siguientes:

- Compatibilidad entre la estructura y la pintura.
- Adherencia.
- Espesor de la capa.
- Condiciones físicas del entorno (Clima y temperatura).

Inicialmente se realiza un proceso de inspección por parte del profesional de interventoría asignado, ratificando, que el insumo cumpla con los parámetros físico- químicos de las especificaciones técnicas establecidas en la Etapa de Estudios y Diseños de la I.E.T.G.J.

Previamente a la aplicación del insumo, el profesional debe verificar que la superficie se encuentre libre de polvo, suciedad y humedad, esto con el fin de no afectar la adherencia de la pintura, dado que, estas impurezas impiden el anclaje con el soporte de la estructura.

Del mismo modo, se efectúa una inspección posterior a la aplicación de este insumo, esto con el fin de verificar que la estructura no presente descuelgue y/o levantamiento de pintura, producto de una mala práctica constructiva por el exceso de aplicación de material.

**Figura 37**  
*Aplicación de pintura*



*Nota:* La figura expone las actividades de pintura realizadas en los perfiles de las Estructuras Metálicas de la I.E.T.I.G.J.  
Elaboración propia

Teniendo en cuenta el Plan de Calidad del Contratista de obra, se deben considerar los siguientes criterios de aceptación:

- Uniformidad
- Calidad de la pintura.

En caso de identificarse disimilitud en la capa de pintura, se procede a documentarlo en formato FT-020 Control de Obra (Ver Anexos), el cual debe contener la evidencia de la actividad No Conforme y la propuesta del tratamiento a realizar. Este documento debe ser firmado por parte de los profesionales de obra e interventoría respectivamente.

En el momento que sea corregido el producto no conforme, se verifica nuevamente la ejecución de los trabajos realizados y se procede a realizar el diligenciamiento del Formato FT-025 Tratamiento y Seguimiento de Hallazgos, No Conformidades y Observaciones (Ver Anexos), (Educativo, Plan de Gestión de Calidad para la ejecución del Contrato de Obra No.1380-1606-2022, 2022)

### **Inspección final y de cierre**

Se suscribe el acta de cierre y recibo de los trabajos, una vez se verifique cumplimiento a la normatividad legal vigente y especificaciones técnicas establecidas en el contrato de obra No.1380-1606-2022.

Previa inspección final y cierre, se debe considerar la información de los aspectos enunciados a continuación:

#### **Insumos**

- Ficha de suministros, guía o remisión.
- Certificados de garantía.
- Distintivos de calidad.

#### **Control de ejecución**

- Recepción.
- Colocación.
- Ensayos e Inspección.

**Documento de conformidad de la obra.****Figura 38**

*Inspección final – Instalación de Cubierta*



*Nota:* La figura muestra la terminación de la ejecución de Actividades de las Estructuras Metálicas de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia

**Acta de Recepción de obra terminada**

La interventoría debe realizar un informe escrito que abarque la totalidad de las actividades ejecutadas, en el mismo se debe contemplar el seguimiento y trazabilidad efectuada para el término de la actividad.

La suscripción del acta de recepción de obra terminada valida el cumplimiento de las obligaciones adquiridas en el contrato, es decir, acredita que la obra fue construida y entregada conforme a lo pactado, cumpliendo con las condiciones técnicas y criterios de calidad requeridos.

A lo largo del presente documento, se ha establecido aspectos a considerar para efectuar la supervisión técnica desde la adquisición de insumos hasta el recibo a satisfacción de la obra en las actividades de estructuras metálicas, con el fin de asegurar los estándares normativos y de calidad establecidos en la invitación abierta No.SA0057 de 2022 y No.026 FFIE 2022 y el Reglamento Colombiano de Construcción NSR-10.

Los aspectos que contemplar para la suscripción del acta de recepción de obra terminada:

- Fichas técnicas de materiales usados.
- Resultados de ensayos.

Así las cosas, el acta de recibo de recepción de obra terminada contempla información de los materiales de construcción suministrados, dado que, los mismos son elementos esenciales en cualquier tipo de construcción, pues, la elección de estos desde el inicio permite evitar deficiencias a futuro de los elementos construidos; por ende, se hace necesario enunciar los insumos utilizados, relacionando el cumplimiento de los estándares de calidad certificados, desde la fabricación de perfiles en acero y uniones hasta la recepción, almacenamiento y montaje en el sitio del proyecto.

La aplicación de ensayos debe ser detallada en el documento, enunciando el tipo de inspección realizada, ya sea visual y/o especializada por compañías certificadas, esto con el fin de que, se denote el seguimiento del control de calidad.

**Figura 39**  
*Recepción de obra terminada*



*Nota:* La figura muestra las instalaciones de la I.E.T.I.G.J. Elaboración propia



### Aspectos físicos del entorno

Sogamoso es un municipio colombiano situado en el centro-oriente del departamento de Boyacá en la región del Alto Chicamocha, ubicado a cincuenta y tres punto ochenta y siete (53.87) kilómetros de Tunja, capital del Departamento de Boyacá, en este municipio la temperatura oscila generalmente entre los 9°C a 19°C, es decir, el Municipio contiene condiciones climáticas serenas. (Spark, s.f.)

El desarrollo de las actividades constructivas de la estructura metálica debe considerar los aspectos físicos del entorno, dado que, el desarrollo de estos hitos implica ejecución de actividades en caliente y frío (Soldadura y aplicación de pintura).

Es importante calidad efectiva en el producto contratado; esto con el fin que el revestimiento de la estructura cumpla con los aspectos estéticos, textura y adherencia; por lo tanto, es importante considerar los siguientes aspectos:

- La temperatura
- Humedad relativa.

#### **Figura 40**

*Condiciones físicas del entorno*



*Nota:* La figura expone las condiciones ambientales del Municipio de Sogamoso, Boyacá. Elaboración propia

La temperatura y humedad relativa, puede afectar la vida útil, la viscosidad y las características de aplicación de los revestimientos, la temperatura del aire afecta a las propiedades de secado de la pintura, con un secado incorrecto, la pintura se arruga y pierde adherencia; por tanto, se estaría afectando el nivelado de las estructuras y la estética del proyecto.

Considerando las condiciones ambientales del municipio de Sogamoso, la calidad del aire presenta partículas contaminantes de diámetros inferiores a 2,5 micrómetros. Estas características provocan que el proceso de oxidación en las estructuras metálicas sea más lento.

Por otro lado, Sogamoso tiene un clima variable, con cambios frecuentes entre lluvia y sol a lo largo del día, situación que genera fluctuaciones en los niveles de humedad, los cuales oscilan alrededor de 21°C y esta situación propicia que los procesos de corrosión en el acero sean más acelerados.

En conclusión, el ambiente de Sogamoso, con bajos niveles de contaminantes, pero altas variaciones de humedad, presenta condiciones mixtas que podrían retardar y acelerar la corrosión en estructuras metálicas.

Por tal razón, se resalta la importancia de considerar el contexto geográfico específico para el diseño estructural en acero, seleccionando adecuadamente las técnicas de protección contra la corrosión según el entorno al que estará expuesta la infraestructura.

Las condiciones físicas del entorno pueden afectar especialmente los trabajos realizados a la intemperie, como ocurre en muchas de las tareas de la construcción. Estos factores incrementan el esfuerzo necesario para realizar el trabajo, aumentando la fatiga del trabajador y el riesgo de accidentes.

### Conclusiones

- El presente documento describe los aspectos a considerar para asegurar el control de calidad de las actividades para las estructuras metálicas en todas sus etapas, control de recepción de material, control de la ejecución, fabricación - montaje, y recepción de la obra terminadas.
- Las actividades de construcción pueden ser delegadas a personal técnico u operativo, no obstante, la responsabilidad final sobre la ejecución de los trabajos, la calidad de los materiales empleados y las operaciones realizadas recae directamente en el constructor, supervisor e interventoría, puesto que, estos actores asumen una responsabilidad civil y de calidad frente a la obra, fundamentada en el desarrollo y resultado de la misma.
- Se debe realizar un estricto seguimiento a las normas y códigos establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 con el fin de asegurar y acreditar construcciones de estructuras metálicas seguras.
- El cumplimiento a cabalidad del control de calidad propuesto por parte del contratista de obra e interventoría favorecen el cumplimiento a la gestión de calidad, así como, amparar la estabilidad de la obra.
- La Supervisión Técnica Independiente se enfoca en verificar el cumplimiento de los controles mínimos requeridos en la construcción de sistemas estructurales, iniciando por la revisión del diseño de elementos no estructurales y anclajes, con el fin de garantizar el cumplimiento de los criterios establecidos en la NSR-10, con el objeto de garantizar la seguridad y la calidad durante el proceso de construcción.
- Los formatos de control de calidad propuestos por el contratista de obra son herramientas que permiten mantener un control y correlación en los procesos técnicos, administrativos y financieros.
- El control de calidad requiere el seguimiento estricto del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 – Título F – Estructuras Metálicas.
- Los procesos constructivos deben ser validados anticipadamente a la ejecución de la obra, esto considerando que, las condiciones del sitio del proyecto pueden generar cambios y/o modificaciones a lo establecido.

- Durante el tiempo de ejecución de la etapa práctica, se adquirió conocimiento de los lineamientos y procedimientos técnicos y administrativos exigidos por una Entidad Pública para el desarrollo de un Proyecto de Infraestructura.
- Las funciones de la Interventoría involucran llevar un control continuo y permanente de la información del proyecto en el aspecto técnico, administrativo, financiero, ambiental, social y jurídico.
- El control de gestión documental es fundamental y prioritario para el cumplimiento de las funciones adquiridas por una firma interventora.
- La firma interventora es la encargada de validar, verificar y afianzar la calidad de los productos contratados; por ende, es fundamental realizar el seguimiento al control de calidad en las actividades que hacen parte del contrato, proyecto y/o actividad.

## Glosario

**Estructura Metálica:** son un tipo de construcción que utiliza elementos de acero para soportar las cargas y esfuerzos de la edificación. Se denominan metálicas porque la mayor parte de los componentes estructurales, es decir pilares, vigas, armaduras, tensores, etc. están fabricados con acero u otro tipo de metal. (CALAMINON, 2023)

**Decapado:** El decapado de metales es un proceso industrial importante que consiste en remover recubrimientos, contaminantes u oxidación de la superficie de piezas metálicas, algunos puntos clave sobre el decapado son: eliminar capas superficiales no deseadas como pintura, galvanizado, óxido, escoria de soldadura o grasas, dejando la superficie limpia y descubierta. (Pentaweb, s.f.)

**Control de calidad:** El control de calidad es un componente esencial en los procesos productivos, ya que permite garantizar que los productos fabricados cumplan con las especificaciones, normas y requerimientos establecidos. (Concepto, 2023)

**Estabilidad:** La estabilidad es la capacidad de un sistema dinámico de volver a su estado original después de sufrir una pequeña perturbación. (Ingeniería, s.f.)

**Resistencia:** La resistencia del concreto se refiere a la máxima capacidad que tiene para soportar cargas o esfuerzos aplicados sin que ocurra una falla o rotura y se determina experimentalmente mediante ensayos estandarizados de compresión, tracción, flexión, corte, adherencia, etc. (Argos, 2023)

**Rigidez:** La rigidez es la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación producida. A mayor rigidez, menores deformaciones para un mismo esfuerzo, asimismo, es un parámetro crucial en el diseño sismorresistente. Permite adaptarse a las cargas dinámicas. (Argos, 2023).

**Ministerio de Educación Nacional (MEN):** El Ministerio de Educación Nacional de Colombia plantea que la educación en la primera infancia (0 a 6 años) debe cumplir con ciertas características para garantizar un adecuado desarrollo integral de los niños. (MEN, s.f.)

**Vigas IPE:** La viga IPE es IPE es la designación dada a este tipo de perfiles metálicos normalizados con sección en I o doble T, utilizadas ampliamente en vigas en edificaciones metálicas, puentes, estructuras industriales, entre otros. (Aceropedia, 2023)

### Lista de Referencias

- Aceropedia. (2023). *Aceropedia*. Obtenido de <https://aceropedia.com/materiales/viga-ipe/#:~:text=Definici%C3%B3n,s%C3%AD%20y%20perpendiculares%20al%20alma.>
- Argos. (2023). *360 en concreto*. Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/rigidez-de-las-estructuras-y-resistencia-del-concreto/#:~:text=La%20rigidez%20de%20las%20estructuras%2C%20es%20la%20propiedad%20que%20tiene,sin%20deformarse%20o%20desplazarse%20excesivamente.>
- Axioma, G. S. (2022). *En obra*. Obtenido de <https://www.en-obra.com/es/noticias/conozca-los-usos-del-acero-en-la-construccion>
- Basset Salom, L. (2021). *Patología de las estructuras metálicas: lesiones*. Obtenido de Riunet UPV: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/168000/Basset%20-%20Patolog%C3%ADa%20de%20las%20estructuras%20met%C3%A1licas%3A%20lesiones.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20patolog%C3%ADa%20que%20se%20presenta,material%20o%20a%20los%20elementos%20estruct>
- Cabello, P. J. (2011). *Revisión del Coeficiente de disipación de energía R, en una estructura de hormigón reformato con capacidad de disipación de energía mínima por medio de metodologías de análisis no Lineal Estático*. Barranquilla: Fundación Universidad del Norte.
- CALAMINON. (2023). *CALAMINON*. Obtenido de <https://www.calaminon.com/blog/estructuras-metalicas/#:~:text=Se%20llama%20estructura%20o%20construcci%C3%B3n,o%20con%20condiciones%20poco%20favorables.>
- Concepto. (2023). Obtenido de <https://concepto.de/control-de-calidad/>

- Devera Rueda, F. A., & Ortiz Palencia, D. C. (2019). *Universidad Santo Tomás*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18447/2019OrtizDenise.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Digital, D. (s.f.). *ACESCO*. Obtenido de <https://www.acesco.com.co/producto/perfil-c-grado-50/#:~:text=Los%20perfiles%20son%20elementos%20livianos,compatibles%20con%20diferentes%20sistemas%20constructivos>.
- Dirección de Regulación del Ministerio de Comercio, I. y. (2015). Obtenido de <https://www.mincit.gov.co/minindustria/temas-de-interes/reglamentos-tecnicos-en-el-mcit/documentos/proyecto-piloto-de-analisis-de-impacto-normativo.aspx>
- Educativo, C. P. (2022). *Informe Diagnostico*. Sogamoso.
- Educativo, C. P. (Diciembre de 2022). *Plan de Gestión de Calidad para la ejecución del Contrato de Obra No.1380-1606-2022*. Bogotá D.C.
- FFIE, F. d. (Abril de 2016). *Ministerio de Educación Nacional*. Obtenido de [https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-356624\\_recurso\\_2.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-356624_recurso_2.pdf)
- FFIE, P. A. (10 de 10 de 2022). *CONTRATO DE INTERVENTORÍA No. 1380-1606-2022*. Bogotá D.C.
- FFIE, P. A. (23 de 09 de 2022). *CONTRATO DE OBRA No. 1380-1606-2022*. Bogotá D.C.
- Fredy Alexander, Devera Rueda y Denise Carolina Ortiz Palencia. (2019). *Universidad Santo Tomás, Bucaramanga - División de Ingenierías y Arquitectura*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18447/2019OrtizDenise.pdf?sequence=4>



Ingeniería, R. A. (s.f.). *Diccionario Español de Ingeniería*. Obtenido de

<https://diccionario.raing.es/es/lema/estabilidad-estructural>

INGNOVA, A. (s.f.). *Academia INGNOVA*. Obtenido de

[https://academia.ingnova.es/recursos/apuntes\\_demo/patologias.pdf](https://academia.ingnova.es/recursos/apuntes_demo/patologias.pdf)

Maldonado, J. M. (2001). *Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*. Obtenido

de Universidad Politécnica de Madrid: [https://oa.upm.es/45423/1/2001\\_patologia\\_MC\\_opt.pdf](https://oa.upm.es/45423/1/2001_patologia_MC_opt.pdf)

Maldonado, J. M. (s.f.). *Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*. Obtenido de

Universidad Politécnica de Madrid: [https://oa.upm.es/45423/1/2001\\_patologia\\_MC\\_opt.pdf](https://oa.upm.es/45423/1/2001_patologia_MC_opt.pdf)

Manual de Especificaciones Técnicas de Materiales y de Construcción. (2017). Bogotá D.C.

MEN. (s.f.). *Ministerio de Educación Nacional - Republica de Colombia*. Obtenido de

<https://www.mineducacion.gov.co/primerainfancia/1739/article->

[177857.html#:~:text=El%20Ministerio%20de%20Educaci%C3%B3n%20Nacional%20concibe%20](https://www.mineducacion.gov.co/primerainfancia/1739/article-177857.html#:~:text=El%20Ministerio%20de%20Educaci%C3%B3n%20Nacional%20concibe%20)

[a%20educaci%C3%B3n%20para%20la,vida%20en%20funci%C3%B3n%20de%20un](https://www.mineducacion.gov.co/primerainfancia/1739/article-177857.html#:~:text=El%20Ministerio%20de%20Educaci%C3%B3n%20Nacional%20concibe%20)

Ministerio de Ambiente, V. y. (19 de Marzo de 2010). Obtenido de [https://www.scg.org.co/Titulo-A-](https://www.scg.org.co/Titulo-A-NSR-10-Decreto%20Final-2010-01-13.pdf)

[NSR-10-Decreto%20Final-2010-01-13.pdf](https://www.scg.org.co/Titulo-A-NSR-10-Decreto%20Final-2010-01-13.pdf)

Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo-resistente NSR-10*.

Ministerio de Comercio, I. y. (05 de Agosto de 2015). *Función Pública*. Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=62889>

Nacional, M. d. (2022). Obtenido de [https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-](https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-349495_recurso_141.pdf)

[349495\\_recurso\\_141.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-349495_recurso_141.pdf)

Nacional, M. d. (Mayo de 2022). Obtenido de [https://www.mineducacion.gov.co/1780/articulos-363488\\_recurso\\_30.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1780/articulos-363488_recurso_30.pdf)

Pentaweb. (s.f.). *Temples Industriales Alcalà S.L.* Obtenido de <https://www.templesindustrialescalca.es/decapado-metales/>

Pinturas Super, S. p. (2023). *ESMALTE, BARNIZ, ANTICORROSIVO, PASTAS ALQUIDICAS EDICIÓN 11.* Mosquera, Cundinamarca.

Planeación, D. N. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible.* Obtenido de <https://ods.dnp.gov.co/es/objetivos/educacion-de-calidad>

Quispe, I. (2023). *Arcux.* Obtenido de <https://arcux.net/blog/que-son-las-estructuras-metalicas/>

Salom, L. B. (2021). *Repositorio Institucional de la Universitat Politècnica de Valencia.* Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/168000/Basset%20-%20Patolog%C3%ADa%20de%20las%20estructuras%20met%C3%A1licas%3A%20lesones.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20patolog%C3%ADa%20que%20se%20presenta,material%20o%20a%20los%20elementos%20estruct>

Sarabanda, S. (s.f.). *Portal Boyacá.* Obtenido de <http://www.portalboyaca.com/municipios-sogamoso.php>

Sísmica, A. C. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.* Bogotá D.C: Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica.

Spark, W. (s.f.). *Weather Spark.* Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/25261/Clima-promedio-en-Sogamoso-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

UTMEN, 2. (2018). *Manual de especificaciones Técnicas de Materiales y Construcción.*

Wikipedia. (22 de Enero de 2022). Obtenido de Wikipedia - Enciclopedia Libre:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Decapado\\_\(metal\)#:~:text=El%20decapado%20es%20un%20tratamiento,ferrosos%2C%20cobre%2C%20y%20aluminio.](https://es.wikipedia.org/wiki/Decapado_(metal)#:~:text=El%20decapado%20es%20un%20tratamiento,ferrosos%2C%20cobre%2C%20y%20aluminio.)

Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia*. Obtenido de

[https://es.wikipedia.org/wiki/Estabilidad\\_estructural#:~:text=La%20estabilidad%20estructural%20se%20refiere,un%20estado%20de%20equilibrio%20mec%C3%A1nico.](https://es.wikipedia.org/wiki/Estabilidad_estructural#:~:text=La%20estabilidad%20estructural%20se%20refiere,un%20estado%20de%20equilibrio%20mec%C3%A1nico.)

**Anexos**

Formato FT-015 - Recibo de Materiales

Formato FT-018 - Control de materiales almacén.

Formato FT-020 - Control de Obra

Formato FT-025 - Tratamiento y Seguimiento de Hallazgos, No Conformidades y Observaciones.