

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

**Tema: “ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS JUNTAS DE CONEXIÓN
EMPERNADAS Y POR SOLDADURA EN EL ÁREA DE ACCESO
VEHICULAR Y ENTRE PISO DE LA EDIFICACIÓN DEL PARQUEADERO
UBICADO EN LA AV. 12 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE AMBATO Y
SU INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO
OPERACIONAL”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de Magister en
Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Metálicas

Modalidad de Titulación: Proyecto de Titulación con Componentes de Investigación
Aplicada y/o de Desarrollo

Autor: Ing. Luis Eduardo Zavala Córdova Luis Eduardo

Directora: Ing. MSc. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre

Ambato – Ecuador

2022

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

El Tribunal Receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg., e integrado por los señores: Ing. Gonzalo Eduardo López Villacis, Mg., e Ing. Alex Gustavo López Arboleda, Mg, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS JUNTAS DE CONEXIÓN EMPERNADAS Y POR SOLDADURA EN EL ÁREA DE ACCESO VEHICULAR Y ENTRE PISO DE LA EDIFICACIÓN DEL PARQUEADERO UBICADO EN LA AV. 12 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE AMBATO Y SU INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO OPERACIONAL”, elaborado y presentado por el Ing. Luis Eduardo Zavala Cordova, para optar por el Grado Académico de Magister en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Metálicas; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Gonzalo Eduardo López Villacis, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Alex Gustavo López Arboleda, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS JUNTAS DE CONEXIÓN EMPERNADAS Y POR SOLDADURA EN EL ÁREA DE ACCESO VEHICULAR Y ENTRE PISO DE LA EDIFICACIÓN DEL PARQUEADERO UBICADO EN LA AV. 12 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE AMBATO Y SU INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO OPERACIONAL”, le corresponde exclusivamente a Ing. Luis Eduardo Zavala Cordova, Autor bajo la Dirección de Ing. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre, MSc., Directora del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Luis Eduardo Zavala Cordova

AUTOR

Ing. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre, MSc.

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Luis Eduardo Zavala Cordova

C.I. 180365572-7

AUTOR

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
AGRADECIMIENTO	xi
DEDICATORIA	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
EXECUTIVE SUMMARY.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. General	3
1.3.2. Especifico.....	3
CAPÍTULO II	4
2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	4
2.1. Sistema Estructural.....	4
2.1.1. Estructuras Metálicas	4
2.2. Soldadura.....	6
2.2.1. Junta por Soldadura.....	7
2.2.2. Comportamiento de la junta por soldadura	8
2.3. Pernos	9
2.3.1. Comportamiento de la junta por pernos	9
2.4. Esfuerzos de diseño	10

2.5. Modelo de elementos finitos (MEF)	11
CAPÍTULO III	13
3. MARCO METODOLÓGICO	13
3.1. Ubicación.....	13
3.2. Equipos y materiales	13
3.3. Tipo de investigación	14
3.4. Prueba de hipótesis	14
3.5. Población o muestra	14
3.5.1. Población.....	14
3.5.2. Muestra.....	14
3.6. Recolección de información	15
3.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico	15
3.8. Variables de respuesta o resultados alcanzados	16
CAPÍTULO IV	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1. Datos iniciales	17
4.2. Cargas gravitacionales.....	20
4.2.1. Carga viva	20
4.2.2. Carga muerta	20
4.3. Carga sísmica	21
4.3.1. Factor de la zona sísmica	21
4.3.2. Perfil de suelo.....	22
4.3.3. Coeficiente de perfil de suelo.....	22
4.3.4. Amplificación espectral	24

4.3.5.	Aceleración espectral	24
4.3.6.	Períodos límites de vibración	24
4.3.7.	Irregularidades y coeficientes de configuración estructural.....	26
4.3.8.	Coeficiente de Resistencia Sísmica, R	26
4.3.9.	Factor utilizado en espectro elástico, r	27
4.3.10.	Coeficiente de importancia, I	27
4.3.11.	Cortante basal de diseño, V	27
4.3.12.	Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T, k	28
4.3.13.	Período fundamental de vibración máximo de la estructura, $T_{máx}$	28
4.3.14.	Ajuste del corte basal de los resultados obtenidos por el análisis dinámico	
	28	
4.4.	Análisis de uniones.....	29
	4.4.1. Unión entre piso	30
	4.4.2. Unión en área de acceso vehicular	45
CAPÍTULO V		55
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
	5.1. Conclusiones	55
	5.2. Recomendaciones	56
	5.3. Bibliografía.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Datos iniciales de propiedades de materiales	17
Tabla 2 - Cuantificación carga viva	20
Tabla 3 - Cuantificación de carga muerta	21
Tabla 4 - Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	22
Tabla 5 - Clasificación de los perfiles de suelo.....	22
Tabla 6 - Tipo de suelo y Factores de sitio Fa	23
Tabla 7 - Tipo de suelo y Factores de sitio Fd	23
Tabla 8 - Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs.....	24
Tabla 9 - Coeficiente para determinar el valor Ta	26
Tabla 10 - Factor para espectro elástico.....	27
Tabla 11 - Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.....	27
Tabla 12 - Coeficiente K.....	28
Tabla 13 - Cargas a ser analizadas en las uniones	30
Tabla 14 - Verificación de análisis de conexión por soldadura	30
Tabla 15 - Comportamiento de los elementos ante las cargas	31
Tabla 16 - Secciones de soldadura	32
Tabla 17 - Verificación de análisis de conexión RBS.....	33
Tabla 18 - Comportamiento de los elementos ante las cargas	34
Tabla 19 - Análisis del comportamiento de los tornillos	35
Tabla 20 - Secciones de soldadura	37
Tabla 21 - Verificación de análisis de conexión BFP	39
Tabla 22 - Comportamiento de los elementos ante las cargas	40
Tabla 23 - Análisis del comportamiento de los tornillos	42

Tabla 24 - Secciones de soldadura	43
Tabla 25 - Cargas a ser analizadas en las uniones	45
Tabla 26 - Verificación de análisis de conexión Soldadura	45
Tabla 27 - Comportamiento de los elementos ante las cargas	46
Tabla 28 - Secciones de soldadura	48
Tabla 29 - Verificación de análisis de conexión RBS.....	49
Tabla 30 - Comportamiento de los elementos ante las cargas	50
Tabla 31 - Análisis del comportamiento de los tornillos	51
Tabla 32 - Secciones de soldadura	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ubicación del Proyecto	13
Figura 2 - Planta tipo del Parqueadero	18
Figura 3 - Fachada Principal del Parqueadero	18
Figura 4 - Perspectiva principal	19
Figura 5 - Perspectiva vista interior	19
Figura 6 - Peso de vehículo.....	20
Figura 7 - Estudios de suelos	21
Figura 8 - Espectro de respuesta elástico	29
Figura 9 - Diagrama de esfuerzos (Momento y Cortante)	29
Figura 10 - Diagrama de la tensión equivalente.....	31
Figura 11 - Junta de unión tipo RBS.....	33
Figura 12 - Diagrama de la tensión equivalente.....	35
Figura 13 - Junta de unión BFP	39
Figura 15 - Diagrama de la tensión equivalente.....	41
Figura 16 - Junta de unión soldadura	46
Figura 17 - Diagrama de la tensión equivalente.....	47
Figura 17 - Junta de unión tipo RBS.....	49
Figura 18 - Diagrama de la tensión equivalente.....	51

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi padre que desde el cielo han sido mi guía.

En primera instancia a todos los docentes que me acompañaron durante este proceso.

A mi mami Alicia por confiar en mí, por los valores y principios que me ha inculcado en la vida estudiantil y profesional.

Finalmente, a mi esposa Maritza y mi hija Valentina, por creer en mí, por su comprensión, apoyo diario y ser mi motivación para superarme por ellas.

Luis Eduardo

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mi madre Alicia, a mi esposa Maritza y mi hija Valentina a quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, por apoyarme cuando más los necesitaba, por extender su mano en momentos difíciles

Luis Eduardo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRIA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS
METÁLICAS

TEMA:

**“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS JUNTAS DE CONEXIÓN
EMPERNADAS Y POR SOLDADURA EN EL ÁREA DE ACCESO
VEHICULAR Y ENTRE PISO DE LA EDIFICACIÓN DEL PARQUEADERO
UBICADO EN LA AV. 12 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE AMBATO Y
SU INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO OPERACIONAL”**

AUTOR: Ing. Luis Eduardo Zavala Cordova.

DIRECTORA: Ing. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre, MSc.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

- Ingeniería y construcción

Fecha: 30 de julio de 2022

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de titulación, está basado mediante una edificación que fue construida en la ciudad de Ambato con el fin de determinar cuál sería el comportamiento óptimo ante las exigencias que establecen las normas de diseño estructural, para el cual se procedió a realizar un análisis cuantitativo en la recolección y análisis de resultados en la comparación de las juntas que se encuentran construidas actualmente por soldadura, para realizar el análisis por conexiones de uniones RBS y BFP, tomando en cuenta los criterios de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), Load and Resistance Factor Design (LRFD) y American Institute of Steel Construction (AISC 360-16), este análisis contribuye en el modelado de las conexiones atornilladas y soldadas, con el fin de analizar el fenómeno de pandeo localizado en las alas y alma de los perfiles metálicos de la unión viga – columna en el área de acceso vehicular y unión entre piso, así como también la

rigidez y la resistencia de las juntas mediante la identificación de zonas críticas y zonas de posibles fracturas en las áreas anteriormente mencionadas, para lo cual se realizó un análisis por elementos finitos, con los resultados obtenidos se determinó que la conexión RBS tiene mejor comportamiento a las deformaciones sin afectar el alma y alas del perfil, la conexión BFP no puede ser empleada en uniones donde la inclinación de la viga hacia la columna tenga una pendiente pronunciada debido a que las placas deben estar conectadas de manera perpendicular y la conexión por soldadura tiende a ser la más económica y pueda ser usada en cualquier área, sin embargo tiende a llegar al límite de deformación tensión equivalente, en relación al costo de materiales empleados para la instalación de la junta por BFP es más costoso debido que implica colocar más suministro de elementos en la unión.

Descriptor: acceso vehicular, acero, AISC 360–16, conexión BFP, conexión RBS, conexión soldada, elementos finitos, juntas de conexión, LRFD, NEC–15, soldadura, tornillos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRIA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS
METÁLICAS

THEME:

**“COMPARATIVE STUDY BETWEEN BOLTED AND WELDED
CONNECTION JOINTS IN THE VEHICULAR ACCESS AREA AND
BETWEEN FLOORS OF THE PARKING LOT BUILDING LOCATED AT 12
DE NOVIEMBRE AVENUE IN THE CITY OF AMBATO AND ITS IMPACT ON
THE MECHANICAL AND OPERATIONAL PERFORMANCE.”**

AUTHOR: Ing. Luis Eduardo Zavala Cordova.

DIRECTED BY: Ing. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre MSc.

LINE OF RESEARCH:

- Engineering and Construction

DATE: July 30th, 2022

EXECUTIVE SUMMARY

This degree work is based on a building that was built in the city of Ambato in order to determine what would be the optimum behavior to the requirements established by the structural design standards, for which we proceeded to perform a quantitative analysis in the collection and analysis of results in the comparison of the joints that are currently built by welding, to perform the analysis by connections of RBS and BFP joints, taking into account the criteria of the Ecuadorian Construction Standard (NEC-15), Load and Resistance Factor Design (LRFD) and American Institute of Steel Construction (AISC 360-16), this analysis contributes to the modeling of bolted and welded connections, in order to analyze the localized buckling phenomenon in the wings and web of the metal profiles of the beam-column joint in the vehicular access area and the joint between floors, The results obtained showed that the RBS connection has a better deformation behavior

without affecting the web and flanges of the profile, and that the BFP connection cannot be used in the same way as the BFP connection, the BFP connection cannot be used in joints where the inclination of the beam towards the column has a steep slope because the plates must be connected perpendicularly and the welding connection tends to be the most economical and can be used in any area, however it tends to reach the equivalent stress-strain deformation limit, in relation to the cost of materials used for the installation of the BFP joint it is more expensive because it implies placing more supply of elements in the joint.

Keywords: vehicular access, steel, AISC 360-16, BFP connection, RBS connection, welded connection, finite element, connection joints, LRFD, NEC-15, welding, bolts.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS JUNTAS DE CONEXIÓN EMPERNADAS Y POR SOLDADURA EN EL ÁREA DE ACCESO VEHICULAR Y ENTRE PISO DE LA EDIFICACIÓN DEL PARQUEADERO UBICADO EN LA AV. 12 DE NOVIEMBRE DE LA CIUDAD DE AMBATO Y SU INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO OPERACIONAL”

1.1. Introducción

En la actualidad la construcción de edificios ha tomado un nuevo rumbo, pasando de las estructuras de madera, estructuras de hormigón y estructuras combinadas a las estructuras metálicas. Por lo que, en grandes edificaciones se ha optado por el uso de estructuras metálicas con uniones soldadas, dejando a un lado al hormigón armado y a la madera como elementos estructurales. Esto debido a que el uso del metal reduce formidablemente el tiempo de realización de una obra.

Por todo lo anterior el presente trabajo se ha planteado el tema de “Estudio comparativo entre las juntas de conexión empernadas y por soldadura en el área de acceso vehicular y entre piso de la edificación del parqueadero ubicado en la av. 12 de noviembre de la ciudad de Ambato y su incidencia en el comportamiento mecánico operacional”.

Para lo cual se hace uso de una metodología cuantitativa puesto que se recolectarán y analizarán estadísticamente los resultados de las variables que inciden directamente en la resistencia y comportamiento mecánico de las juntas de conexión. Además, de una revisión bibliográfica para la obtención de parámetros de entrada.

Además, la estructura de trabajo está conformada por una revisión bibliográfica de estructuras metálicas, soldadura, pernos, conducta de uniones, cargas de diseño, normativas de juntas y uniones y modelo de elementos finitos.

Por otra parte, una de las principales limitaciones es que, existe poca información de la conducta de uniones soldadas y empernadas, por lo que normalmente se realiza una simulación de su funcionamiento y el comportamiento de estos elementos cuando son sometidos a cargas de diseño y finalmente se compara la conducta de los dos tipos de unión.

1.2. Justificación

El desarrollo de la investigación es económicamente factible considerando que se posee los recursos necesarios; es factible técnicamente debido a que se dispone de los conocimientos y equipos necesarios en el laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato; así como acceso a documentación referente a la zona de la edificación en estudio en el Municipio de Ambato, además de información documentada en investigaciones previas realizadas publicadas en repositorios institucionales o revistas nacionales e internacionales.

Las entidades beneficiarias del proyecto serán la industria de construcción nacional, representada por las empresas de diseño y construcción de estructuras metálicas, empresas y departamentos fiscalizadores; contribuyendo de esta manera con un estudio técnicamente desarrollados para el avance científico tecnológico y de construcción nacional.

La investigación se orienta en desarrollar un estudio comparativo entre las juntas de conexión empernadas y por soldadura en el área de acceso vehicular y entre piso de la edificación del parqueadero planteado, lo cual se evaluará mediante un análisis de elementos finitos para determinar cual tiene mejor comportamiento al soportar cargas móviles y sísmicas cumpliendo con normativas que son ocupadas en el país.

Con esta investigación, se pretende documentar resultados que contribuyan al desarrollo de la industria de las estructuras metálicas, la misma que permitirá elaborar un análisis comparativo del comportamiento mecánico operacional entre las juntas de conexión empernadas y por soldadura en una aplicación específica; de esta manera determinar ventajas y desventajas en condiciones de funcionamiento, minimizando sesgos que conlleven a resultados erróneos al realizar su diseño en función de los requerimientos

mínimos establecidos por la normativa nacional e internacional, para de esta manera aportar al crecimiento de la construcción en Ecuador.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

- Desarrollar un estudio comparativo entre las juntas de conexión empernadas y por soldadura en el área de acceso vehicular y entre piso de la edificación del parqueadero ubicado en la Av. 12 de noviembre de la ciudad de Ambato, mediante un análisis de elementos finitos, para precisar su incidencia en el comportamiento mecánico operacional.

1.3.2. Especifico

- Comparar el diseño de la junta construido actualmente en el edificio del parqueadero en la ciudad de Ambato con otro tipo de conexiones utilizando un software para la simulación de uniones en la edificación.
- Elaborar un análisis comparativo entre las juntas soldadas, conexiones simples y conexiones a momento mediante el uso de software estructural.
- Analizar dos puntos específicos de la estructura la cual se encuentra a constante cargas por impacto y móviles.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1. Sistema Estructural

Pannillo y otros. (2018), lo definen como un grupo de componentes o elementos configurados de tal manera que sean eficientes y fáciles de ensamblar, permitiendo que todas las cargas sean directamente transmitidas a las fundaciones. Las conexiones son las uniones que se realizan por medio de pernos o soldadura, entre los elementos de una estructura para obtener un sistema resistente. El diseño debe ser compatible con el comportamiento del sistema y las suposiciones hechas en el análisis, para las combinaciones de carga, tipos de apoyo, materiales, y demás parámetros establecidos por las normas.

Así mismo, se define como un sistema de estructuras compuesto por varios elementos, que aguantan a las edificaciones y al mismo tiempo soportan las cargas que se ejercen sobre ellas trasladándolas al suelo (López, y otros, 2021). Además, según Aguiar y otros. (2017), el sistema estructural da origen a la arquitectura y sobrelleva la forma, por lo que se e integran soluciones estructurales con una aproximación multidisciplinar a partir del inicio de ejecución del proyecto, donde se elaboraran los análisis requeridos para dimensionar y optimar el sistema estructural.

Por su parte, Páez y Guerrero (2021), mencionan que el llevar a cabo la integración del sistema estructural a partir de las primeras fases de diseño avala un desarrollo del proyecto fundamentado en criterios realistas y realizables, exigentes con las reglas de ejecución. Por otra parte, consiente optimar las soluciones estructurales al grado que prospera la definición del proyecto, minimizando costes sin afectar a la seguridad de los sistemas utilizados.

2.1.1. Estructuras Metálicas

Aguiar y otros. (2017), mencionan que se entiende por estructura metálica a cualquier estructura en la que la mayor parte de sus elementos son materiales metálicos. Siendo

usadas normalmente en el área industrial. Debido a que la edificación metálica ha logrado un papel significativo en el contexto de las estructuras de Construcción.

Por su parte, Castro y Sarmiento (2020) definen a la estructura metálica como un elemento prefabricado preparado en una factoría y que son llevados al proyecto de construcción listos para ser situados. Páez y Guerrero (2021), determinan que, comparado con otros sistemas estructurales, este es mucho más económico ya que genera una reducción del tiempo de realización. Además, la junta de los elementos entre sí, es de forma remachada, soldada, o mediante pernos y/o pasadores.

Por otra parte, este tipo de estructuras posee una gran cantidad de ventajas respecto a otras maneras de construcción, siendo algunas de estas su grandiosa relación resistencia / volumen (resultando en estructuras más ligeras), la alta gama de sus probables aplicaciones, la factibilidad de tener piezas estandarizadas, su confiabilidad y su capacidad de representar casi todos los diseños arquitectónicos. Además de que estas estructuras pueden fabricarse de menor sección que con diferentes materiales, ya que el material es homogéneo y altamente resistente (Sabando y otros, 2019).

Además, de acuerdo con Camarena y Díaz, (2022) otras ventajas que ofrecen las estructuras metálicas son:

- **Alta resistencia:** La elevada resistencia del acero por unidad de peso, resulta en que el peso de las estructuras será escaso, siendo de gran importancia para el diseño de vigas de extensas dimensiones.
- **Uniformidad:** el acero presenta propiedades que no varían apreciablemente con el paso del tiempo como sucede con las estructuras de hormigón reforzado.
- **Durabilidad:** Un adecuado mantenimiento de las estructuras garantiza una duración indefinida.
- **Ductilidad:** El acero posee la habilidad de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo elevados esfuerzos de tensión.
- **Tenacidad:** Los aceros estructurales son tenaces, es decir, presentan resistencia y ductilidad. Además de la propiedad de absorber energía en grandes cantidades.

2.2. Soldadura

De acuerdo con Contreras y otros. (2018) la soldadura se refiere a la unión o fusión de piezas mediante la utilización de calor y/o compresión con el propósito de que las piezas formen una sola. La fuente de calor en la soldadura normalmente es una llama de arco generada por la electricidad de la fuente de potencia de soldadura

Por su parte, Fernandez y otros. (2020) mencionan que la soldadura es un proceso de fabricación o escultural que sirve para unir, usualmente dos metales o inclusive polímeros termoplásticos, mediante la fusión del material base y por lo general, la adición de un material de relleno. Material de relleno que se agrega para formar un pozo de material fundido que luego se solidificará al enfriar y formar de esta manera una unión más resistente que el material base (Rojas y otros., 2022).

Asimismo, Sánchez y otros., (2021) determinan que la fusión de las piezas puede ocurrir únicamente en base al calor producido por el arco para que las piezas de soldadura se fundan entre sí, pudiendo utilizarse este método en soldadura TIG, por ejemplo.

Como también, generalmente cuando se funde un metal de relleno en la costura de soldadura, ya sea usando un alimentador de alambre a través de la pistola de soldar (soldadura MIG/MAG) se considera una soldadura (Contreras y otros., 2018). En esta situación, el metal de relleno tiene que poseer un punto de fusión casi idéntico que el material soldado (Sánchez y otros., 2021).

Por otra parte, para que la soldadura sea duradera, el baño de fusión debe protegerse de la oxidación y los efectos del aire circundante, pudiendo utilizarse gases de protección o escoria. El gas de protección se alimenta al baño de fusión mediante la pistola de soldar, mientras que el electrodo de soldadura está revestido con un material que produce gas de protección y escoria sobre el baño de fusión (Rojas y otros., 2022).

Además, los materiales soldados con más frecuencia son metales, como el aluminio, el acero dulce y el acero inoxidable. Sin embargo, los plásticos también se pueden soldar destacando que en esta soldadura la fuente de calor es aire caliente o una resistencia eléctrica (Rojas, Calderon, Pertuz, & Bohorquez, 2022).

2.2.1. Junta por Soldadura

Fernandez, y otros. (2020), mencionan que las uniones por soldadura consisten en el método utilizado por los soldadores para realizar la unión de dos o más planchas o piezas a través del arco eléctrico

Por otra parte, Sánchez y otros. (2021), se centran en las uniones a tope para unir grandes estructuras, ya que estas son las más ampliamente usadas en todos los métodos de soldadura, puesto que cuando se sueldan producen un bajo índice de tensiones y deformaciones. Además, las uniones a tope normalmente, se utilizan en las construcciones de chapas de metal, debido a que requieren un gasto menor de metal base y de metal de aportación, así como también un tiempo más corto en la terminación de los trabajos de soldadura (Fernandez y otros, 2020).

No obstante, para la elaboración de las uniones a tope se exige una preparación más adecuada de las piezas. Si se ejecuta a mano la soldadura de chapas metálicas de 4-8 mm de espesor, los bordes pueden ser rectos (o sea sin ninguna preparación). En este caso las chapas se colocan con una holgura de 1-2 mm. Además, se puede soldar a tope y por un solo lado, sin preparación de los bordes, las chapas cuyo espesor sea de hasta 3 mm; para la soldadura bilateral ese espesor puede ser de hasta 8 mm (Sánchez y otros, 2021).

Por otra parte, Contreras y otros. (2018), establecen que las planchas con un espesor de 4-26 milímetros, se unen a tope con biselado unilateral de los bordes cuando se les aplica el procedimiento de soldadura manual por arco. Denominándose este tipo de preparación de los bordes como en V. Asimismo, las láminas con un espesor de 12 a 40 mmm y más se sueldan previo biselado bilateral de los bordes, denominado en X.

Además, Contreras y otros. (2018), resaltan el uso de uniones en T, mencionando que estas se utilizan ampliamente en la soldadura por arco y se efectúan con o sin preparación de los bordes de una cara o de las dos caras. Indicando que la plancha vertical debe tener el borde base bien elaborado, ya que cuando los bordes de la plancha vertical se biselan por una o ambas caras, entre las piezas horizontal y vertical se deja una holgura de 2-3 mm para obtener una buena penetración en todo el espesor de la pieza vertical.

2.2.2. Comportamiento de la junta por soldadura

Marconi y otros. (2016), mencionan que en las uniones soldadas debe prestarse un especial interés en la Zona de Afectación Térmica (ZAT) que, debido a las elevadas temperaturas alcanzadas durante la soldadura, experimenta transformaciones metalográficas importantes y también en sus propiedades mecánicas. Por esa razón es de esperar que, en los casos de uniones soldadas sometidas a cargas cíclicas, el fallo de las mismas ocurra precisamente en esa zona.

Por su parte, Arroba y otros., (2017) determinaron que la influencia que las discontinuidades geométricas tienen sobre la resistencia a la fatiga de las uniones soldadas es un hecho ampliamente reconocido. Además, de que, en la ZAT, puede ser donde nuclea las discontinuidades que en general son las iniciadoras de las grietas de fatiga en las uniones soldadas. Por otra parte, la fisura por fatiga comienza en un defecto local de la estructura, ya sea interno o externo, de hecho, la propia geometría del cordón ya constituye una discontinuidad geométrica, que resulta ser un concentrador de esfuerzos (Batista y otros.,2018).

Asimismo, Ramirez y otros. (2020) mencionan que las tensiones residuales de soldadura también influyen en la resistencia a fatiga de la unión, ya que la influencia del tratamiento térmico post soldadura sobre el valor de estas tensiones, resulta en un relajamiento en el valor de las mismas y por lo tanto un incremento de la vida en fatiga de la junta soldada. Sin embargo, los estudios de Marconi et all. (2016) muestran que la relación existente entre la vida a fatiga de uniones soldadas y las tensiones residuales en el caso de aceros laminados AISI 304, así como el SAE 1045 no es significativa.

Además, los ensayos a fatiga realizados por González et all. (2018), demostraron que el tratamiento térmico post soldadura a uniones de estructuras tubular no incrementaba la resistencia a la fatiga de la junta, al relajarse también las tensiones residuales de compresión. Ramírez et all. (2018), evaluaron la respuesta a fatiga de diferentes uniones mediante métodos energéticos, resaltando que es necesario proveer a los ingenieros de curvas de diseño que permitan evaluar cualquier unión.

2.3. Pernos

Los pernos son piezas fabricadas en metal con forma cilíndrica y alargada, estando formados por una cabeza redondeada y con una tuerca o una terminación similar que le permita sujetar otras piezas (Domínguez y otros., 2017). Por otra parte, los metales más utilizados para su fabricación son el hierro o el acero por su alta resistencia, por lo que, los pernos pueden unir piezas de gran tamaño a una estructura. Además, la función de los pernos es la de ensamblar y montar diversos paneles o componentes para dar forma a la estructura en cuestión (López y otros., 2019).

Arroba y otros. (2019) mencionan que los pernos, como estructuras metálicas requieren de una gran durabilidad y resistencia, pues se emplean en estructuras de gran volumen. Por esta razón, la mayoría están hechos de acero o hierro, sobre todo considerando que se utilizan en la industria de construcción.

Además, entre los pernos resaltan los pernos permanentes, que se unen por medio de soldadura y removibles, que son los que usan el mecanismo de las tuercas para ensamblar estructuras. Siendo su forma más frecuente es la hexagonal, que se adapta a los vértices y dimensiones de las tuercas (Domínguez y otros., 2017).

2.3.1. Comportamiento de la junta por pernos

Wang y otros. (2018), escriben lo siguiente, las uniones atornilladas semirrígidas de viga a columna exhiben una alta ductilidad bajo la carga monótona donde la capacidad de rotación correspondiente a la capacidad de momento, lo que se puede mejorar utilizando las barras de refuerzo dobladas, en comparación con las barras de refuerzo rectas. Debido que los patrones de falla están dominados por la fractura de la soldadura y la fractura de la arandela del perno.

Por su parte, Gao y otros. (2021), mencionan que, al usar pernos con capa de acero estructural de baja aleación, la fatiga de las uniones soldadas, atornilladas y soldadas con pernos Q345B de acero, se generan fracturas por rotura por cizallamiento de pernos y rotura de soldaduras, respectivamente.

Ademas, Liu y otros, (2019) determinaron que, el comportamiento dinámico de una junta atornillada sometida a excitación torsional se analiza mediante un método paramétrico de mallado de elementos finitos, que puede construir exactamente el modelo de perno/tuerca, utilizando MATLAB y ABAQUS. La relación entre la fuerza de apriete y el par de apriete / aflojamiento se estudia mediante el método de elementos finitos.

2.4. Esfuerzos de diseño

Sánchez y otros. (2021) mencionan que cuando una fuerza (o un momento) actúa sobre un elemento de un cuerpo o de una estructura, se ven afectadas en mayor o menor medida todas las partículas del mismo. A estas partículas llega el resultado de esa acción que intenta deshacer el equilibrio que existía antes de que esta fuerza existiese. Por lo que de acuerdo con Sabando y otros. (2019) las partículas para mantener el equilibrio, su unión y la propia cohesión del cuerpo, reaccionarán con un conjunto de fuerzas internas que intentan conservar unido el cuerpo, denominándose estas fuerzas internas como esfuerzos o tensiones.

Por su parte, Contreras y otros. (2018) expresan que el peso que sostienen las estructuras ocasiona el surgimiento de fuerzas internas dentro de la misma, lo que hace que ésta se desproporcione o se rompa. A esta presión deformante generada por las cargas, es a lo que se le llama esfuerzo. Existen cinco tipos de esfuerzos: Tracción, Compresión, Flexión, Torsión y Cortante.

- **Esfuerzo de tracción:** Es la resistencia de un objeto a una fuerza que tiende a romperlo. Se calcula como la tensión más alta que puede soportar el objeto sin romperse, y se mide en Newtons / mm², pero inicialmente se denotaba como toneladas / sq (Sánchez y otros., 2021).
- **Esfuerzo de compresión:** Es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable, caracterizada porque tiende a un acortamiento en determinada dirección o una reducción de volumen. (Sánchez y otros., 2021).
- **Esfuerzo de flexión:** El esfuerzo de flexión se configura en una pieza, cuando ésta sufre acción de cargas cortantes, que vengan a originar un momento flector significativo. Un elemento lineal de estructura (viga) desarrolla sus secciones

transversales con Movimiento Flector (Mf) y Esfuerzo Cortante, siendo el movimiento flector el responsable de la flexión y el esfuerzo cortante originado por el cizallamiento de dicha viga (Contreras y otros, 2018).

- **Esfuerzo de Torsión:** Es la fuerza que actúa sobre un objeto hace que el mismo gire. En la física, el torque es una fuerza que tiende a rotar objetos, por ejemplo, cada vez que utiliza una palanca y aplica fuerza sobre ella cuando aprieta o suelta los tornillos de la rueda (Contreras y otros.,2018).
- **Esfuerzo Cortante:** Es la cantidad de fuerza por unidad de área perpendicular al eje del miembro. el esfuerzo cortante está en la unidad de fuerza sobre la unidad de área (Contreras y otros., 2018).

2.5. Modelo de elementos finitos (MEF)

El MEF es un método por aproximación numérica que parte del conocido Método Matricial, elevándolo de modo “discreto” a “continuo”. La gran ventaja que aporta el Método de los Elementos Finitos sobre el Método Matricial es la capacidad de evaluar estructuras de más de una dimensión (Seral, y otros, 2016). Por otra parte, Giordano, y otros. (2018) mencionan que, si el método matricial sólo admite modelos de barras, el MEF permite además modelos tipo área y volúmenes, lo que permite calcular una losa como un medio continuo y no como un emparrillado, tal y como nos obligaba el Método Matricial.

Por su parte, Dourado y Meireles (2016) resaltan que, aunque el MEF no deja de ser también una aproximación, ya que la precisión del modelo dependerá del tamaño y forma de los trozos (Elementos Finitos) en los que se discretice la pieza, la posibilidad de introducir elementos en 2D o 3D entrega mucha mayor precisión a la hora de obtener resultados que un modelo construido sólo con barras 1D.

Asimismo, Kagermanov (2019) menciona que la clave reside en el número de nodos y cómo interactúan entre ellos. Ya que, en un modelo matricial de barras, se cuenta con un nudo inicial y final (extremos de las barras), por lo que se puede aplicar ecuaciones de compatibilidad que contienen la rigidez longitudinal de la barra, permitiendo hallar el equilibrio mediante los esfuerzos, los desplazamientos y las acciones aplicadas en ellos.

Por otro lado, si se divide una barra en trozos más pequeños, con el método matricial se obtendrá esfuerzos y desplazamientos intermedios, pero la precisión será la misma, puesto que las condiciones de contorno se interpolan a los nudos generados en la división (Mohammed, 2020). Además, con el MEF, se dispone de un código matemático mucho más potente en el que juega un importante papel la denominada Matriz de Aproximación o Matriz de Funciones de Forma [N] que rigen el comportamiento del elemento en la zona intermedia a los Nodos (Larrainzar y otros, 2019).

Aunando más a ello, Heng y otros. (2020) escriben lo siguiente en referencia en análisis de elementos finitos, “es interesante confirmar el resultado del estudio paramétrico mediante la realización de pruebas experimentales sobre las configuraciones optimizadas de la articulación. Además, la configuración actual de la junta se puede mejorar para seguir el criterio de viga fuerte de columna débil, para estructuras altas bajo carga sísmica. En tal caso, es interesante realizar más pruebas experimentales utilizando cargas cíclicas inversas para investigar el comportamiento cíclico de la articulación”.

Además, Mohammed (2020) escribe lo siguiente, “la eficiencia del modelo de elementos finitos se verifica con el tiempo de CPU con el del modelo sólido de uso común debido que revela una brecha considerable. Para analizar los datos de una junta atornillada de acero inoxidable, el modelo simple desarrollado en el estudio actual consumió menos de una quinta parte del tiempo de procesamiento del modelo sólido convencional”.

Por todo ello el análisis de Modelo de elementos finitos (MEF), se convierte en la mejor alternativa para el correcto desarrollo del presente proyecto, ya que permite el analizar los datos de una junta soldada y atornillada de acero inoxidable, además de permitir analizar las juntas en más de una dimensión.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

El proyecto se realizó en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, campus Huachi Chico en Ambato, Ecuador.

Los datos obtenidos están en base a un nuevo edificio de parqueaderos que fue construido en la urbe de Ambato, el cual fue inaugurado el viernes 12 de febrero del 2021. La construcción cuenta con siete niveles de construcción con un total de 7000 metros cuadrados para situar 275 automotores. Está ubicado en la Avenida 12 de Noviembre y calle Martínez, en el centro de la capital de Tungurahua.

Figura 1 - Ubicación del Proyecto



Fuente: Elaboración autónoma

3.2. Equipos y materiales

Para el desarrollo del presente proyecto de titulación se ha empleado un computador con acceso a internet y con el Software de programación instalado

- Suministros de oficina

- Servicio de Internet
- Computadora
- Software para análisis estructura
- Fichas de datos
- Cámara fotográfica
- Bibliográfica
- Normas y códigos de diseño estructural

3.3.Tipo de investigación

Investigativa:

El tipo de investigación es investigativo ya que se realizó en campo la recolección de datos e información para posteriormente realizar el diseño utilizando software especializado en estructuras y en análisis de uniones, para poder obtener los resultados deseados conforme a la normativa NEC–2015 y AISC 360.

3.4.Prueba de hipótesis

De acuerdo con un análisis estructural realizando en el edificio de parqueadero, analizando el área de acceso vehicular y entre piso servirá para la comparación entre conexiones por soldadura, RBS y BFP, las mismas que servirán para determinar su incidencia en su comportamiento mecánico operacional óptimo.

3.5.Población o muestra

3.5.1. Población

Edificio de uso público para parqueadero ubicado en la Av. Doce de Noviembre y calles Luis A. Martínez y Trece de Abril, perteneciente al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato en las coordenadas Norte: 9862462, Este: 764236.

3.5.2. Muestra

Para el análisis y desarrollo de la presente investigación se ha observado que la estructura actualmente se encuentra con juntas realizadas por soldadura, sin embargo, se procederá

a realizar un análisis con el fin de comparar su comportamiento con uniones en RBS y BFP.

3.6.Recolección de información

La metodología para usar será mediante la recolección de información será a través de solicitudes institucionales y desarrollando las técnicas e instrumentos que se aplicaran para lograr los objetivos propuestos:

- El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato nos proporcionara copias de planos, informes de cálculos y estudios de laboratorio, relacionados con el edificio a investigar.
- Se procederá a realizar visitas técnicas con el fin de visualizar y recopilar toda la información necesaria.

De igual manera se procederá a realizar una recolección de información de las siguientes normas:

- Revisión de la ANSI/AISC 360-16, para el diseño de vigas y columnas metálicas, combinaciones de carga, diseño sismorresistente de construcciones,
- Revisión de la NEC-SE-AC, para estructuras de acero.
- Revisión de manuales de programación.

3.7.Procesamiento de la información y análisis estadístico

Con la información emitida por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato se procederá a catalogar y presentada de la siguiente manera:

- Se procederá a la revisión de los planos arquitectónicos y estructurales para comprender como se encuentra construida en sitio tomando en cuenta las dimensiones, ubicaciones y secciones de los elementos estructurales.
- Definir la configuración geométrica del modelo a diseñar y las propiedades de los materiales.
- Con la información obtenida se procederá a realizar una cuantificación de cargas, mediante la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC–SE–CG).

- Posterior se realizará un análisis estático dinámico.
- Diseño de las conexiones en acceso vehicular y entre piso.
- Análisis y comparación de los resultados obtenidos.

3.8. Variables de respuesta o resultados alcanzados

La variable de respuesta que se considera una vez realizado el análisis de procesamiento de datos de la estructura se obtendrá los datos necesarios para el análisis de las conexiones por soldadura, RBS y BFP, con el fin de considerar que tipo de unión tiene mejor comportamiento mediante un análisis de elementos finitos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Datos iniciales

Para el siguiente estudio se realizará un análisis estructural el cual nos ayudara para obtener datos de carga y tomaremos las siguientes consideraciones, como información primaria:

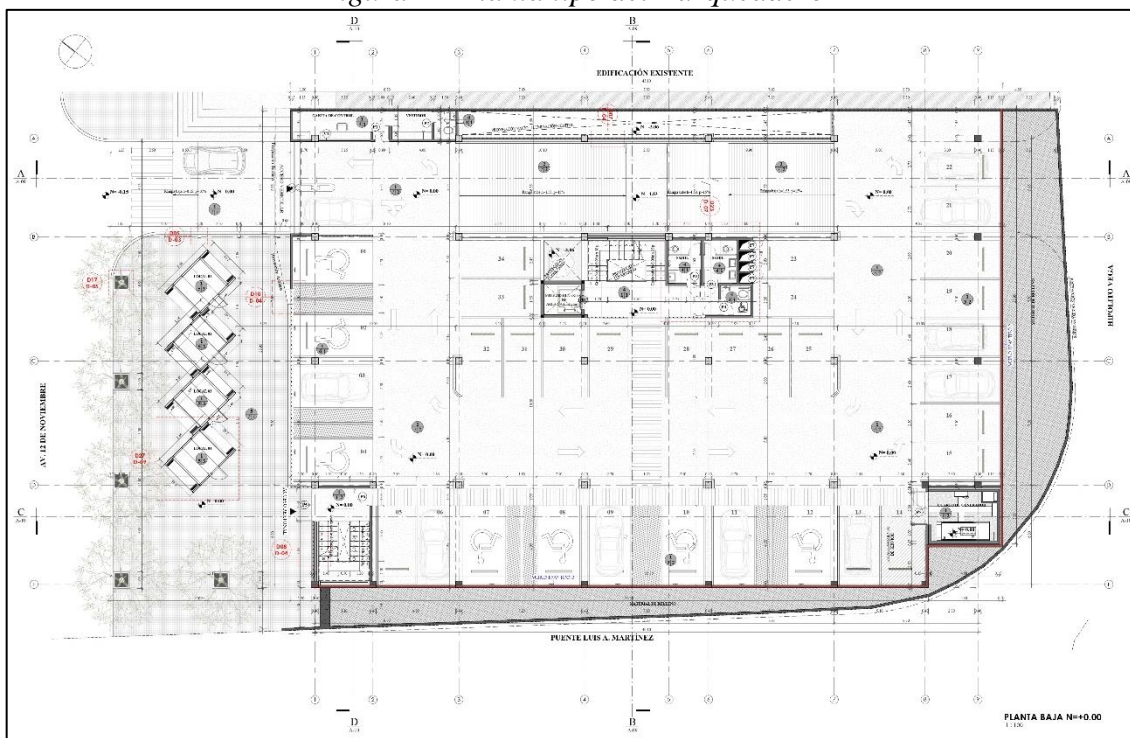
Tabla 1 - Datos iniciales de propiedades de materiales

PROPIEDAD	VALOR
Acero estructural	ASTM 36 (edificio en estructura metálica)
Hormigón f'_c	210 kg/cm^2
Acero en barras f_y	4200 kg/cm^2
Normativa considerada	NEC 2015 AISC 360-16
Peso específico de hormigón W_c	2400 kg/m^3
Módulo de Poisson del hormigón	0.2
Módulo de Poisson del acero	0.3
Módulo de elasticidad del hormigón	$E_c = 15100 * \sqrt{f'_c}$ $E_c = 15100 * \sqrt{210} \text{ kg/cm}^2$ $E_c = 218819.78 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad del acero	$E_s = 200000 \text{ Mpa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración autónoma

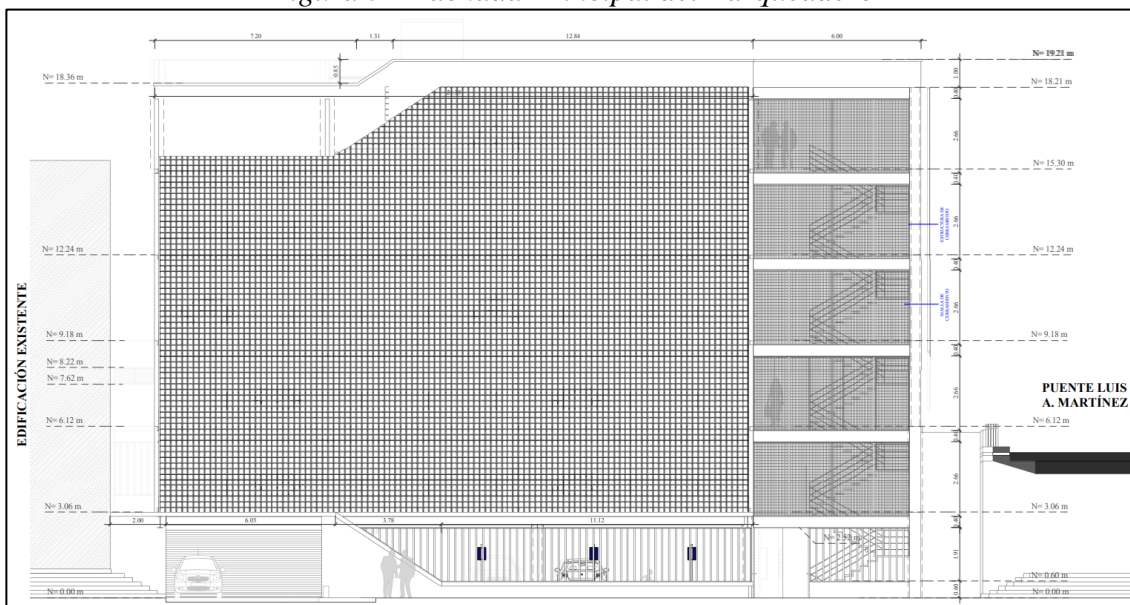
A continuación, se presenta la implantación de la estructura, las cuales fueron ingresadas en el programa de análisis estructural.

Figura 2 - Planta tipo del Parqueadero



Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato

Figura 3 - Fachada Principal del Parqueadero



Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato

Figura 4 - Perspectiva principal



Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato

Figura 5 - Perspectiva vista interior



Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato





4.2. Cargas gravitacionales

Las cargas gravitacionales consideradas en el presente modelo se basan específicamente en las condiciones de la estructura.

4.2.1. Carga viva

Con relación al asumir que tipo de vehículo es el peso que va asumir establecemos el siguiente 2D debido que se trata de un parqueadero para vehículos de uso particular.

Figura 6 - Peso de vehículo

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50

Fuente: SENAE – Servicio Nacional de Aduana del Ecuador

Tabla 2 - Cuantificación carga viva

ÁREA	PESO
$A = 5.00 * 2.60$	$P = 7 \text{ Ton}$
$A = 13.00 \text{ m}^2$	$P = 7000.00 \text{ kg}$

Fuente: Elaboración autónoma

Por lo tanto, la carga viva distribuida por metro cuadrado es:

$$Carga \text{ Viva} = \frac{7000.00 \text{ kg}}{13.00 \text{ m}^2} = 538.46 \text{ kg/m}^2$$

$$Carga \text{ Viva} = 550.00 \text{ kg/m}^2$$

No se consideraron cargas de impacto, de aceleración, ni frenado, partiendo del criterio que en zonas de parqueo la velocidad máxima es de 20km/h.

4.2.2. Carga muerta

Se considera un espesor de masillado de 2.00 cm, obteniendo un peso de 38.00 kg/m² y el peso de acabados 20.00 kg/m²

Tabla 3 - Cuantificación de carga muerta

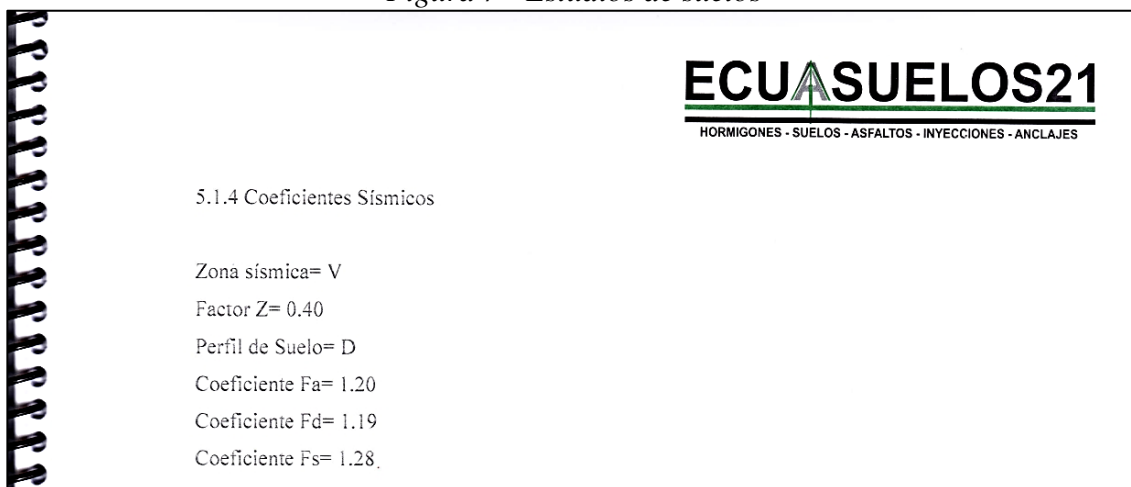
Detalle	Carga
Masillado	38.00 kg/m ²
Acabado	20.00 kg/m ²
Total	58.00 kg/m²

Fuente: Elaboración autónoma

4.3.Carga sísmica

Conforme al estudio de suelos del proyecto establece algunos coeficientes para tomarlos en cuenta.

Figura 7 - Estudios de suelos



Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato

4.3.1. Factor de la zona sísmica

En la normativa NEC-15, en el capítulo de PELIGRO SÍSMICO, DISEÑO SISMICO RESISTENTE, se encuentran las zonificaciones de ciertas poblaciones del Ecuador, el lugar de estudio del proyecto se encuentra en la Parroquia de Huachi Loreto, del cantón Ambato, de la Provincia de Tungurahua, de acuerdo con la norma se optó un valor de 0.40.

Tabla 4 - Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC–SE–DS

4.3.2. Perfil de suelo

De acuerdo con la Geología Local el tipo de perfil de suelo se trata de un tipo D.

Tabla 5 - Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC–SE–DS

4.3.3. Coeficiente de perfil de suelo.

Los coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s , se determinan de acuerdo con las siguientes tablas.

4.3.3.1. Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó

El coeficiente F_a que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio. Se usará un coeficiente $F_a = 1.20$

Tabla 6 - Tipo de suelo y Factores de sitio F_a

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC–SE–DS

4.3.3.2. Coeficiente de amplificación de desplazamiento para diseño en roca

El coeficiente F_d que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio. Se usará un coeficiente $F_d = 1.50$.

Tabla 7 - Tipo de suelo y Factores de sitio F_d

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC–SE–DS

4.3.3.3. Coeficiente de amplificación de comportamiento no lineal de los suelos

El coeficiente F_s , que consideran el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo. Se usará un coeficiente $F_s = 1.40$.

Tabla 8 - Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D	1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC–SE–DS

4.3.4. Amplificación espectral

Conforme a la Normativa Ecuatoriana NEC–15, la relación de amplificación espectral, η (Sa/z), depende en la región del Ecuador donde se encuentre el proyecto, para nuestro caso será $\eta = 2.48$ Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

4.3.5. Aceleración espectral

Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g), definido para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico igual a 5%. Depende del período o modo de vibración de la estructura.

$$Sa = Z * Fa * \eta$$

$$Sa = 0.48 * 1.20 * 2.48$$

$$Sa = 1.1904$$

4.3.6. Períodos límites de vibración

4.3.6.1. Períodos límites de vibración, T_0

El Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones, se realiza el cálculo de período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño (T_0).

$$T_o = 0.10 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_o = 0.10 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20}$$

$$\mathbf{T_o = 0.1269}$$

4.3.6.2. Períodos límites de vibración, T_c

El Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones, se realiza el cálculo de período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño (T_c).

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.55 * 1.28 * \frac{1.19}{1.20}$$

$$\mathbf{T_c = 0.6981}$$

4.3.6.3. Período fundamental de vibración de la estructura, T

Para la obtención del Período fundamental de vibración de la estructura, se ha considerado calcular en el cual intervienen la tipología del edificio y características del mismo, con la siguiente expresión.

$$T = C_t * h_n^a$$

- C_t = Coeficiente que depende del tipo de edificio.
- h_n = Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

Determinación del período de vibración T , se dispone de la siguiente tabla en la cual se detallan los coeficientes para el tipo de estructura que se está diseñando.

Tabla 9 - Coeficiente para determinar el valor T_a

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.047	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.049	0.75

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC–SE–DS

La altura del edificio es de **18.36 m**.

$$T = C_t * h_n^a$$

$$T = 0.073 * 18.36^{0.75}$$

$$T = 0.6475$$

4.3.7. Irregularidades y coeficientes de configuración estructural

En cuanto a los factores de configuración estructural en planta y en elevación, de acuerdo a las condiciones del edificio en estudio se han realizado las siguientes consideraciones:

Partiendo del criterio que en términos generales existen una altura de entrepiso y los sistemas de pórticos son constante, se considera de acuerdo con el siguiente detalle:

$\emptyset P = 0.90$ Coeficientes de irregularidad en planta.

$\emptyset E = 0.90$ Coeficientes de irregularidad en elevación.

Al ser una estructura de importancia esencial se procede a penalizar considerando que tiene dos entrantes, con el fin de tener un mayor grado de seguridad.

4.3.8. Coeficiente de Resistencia Sísmica, R

El factor R se asigna de acuerdo con la conformación de la estructura y demás factores para las cargas sísmicas de diseño.

Tomando en cuenta que por la altura considerable de la edificación se clasifica como un sistema estructural dúctil y al conformarse con pórticos resistentes a momento se utiliza el factor de **8.00**

4.3.9. Factor utilizado en espectro elástico, *r*

El espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones, en las cuales se detalla que dicho factor se debe utilizar de acuerdo con las siguientes consideraciones:

Tabla 10 - Factor para espectro elástico

Factor	Ubicación geográfica del proyecto
<i>r</i> = 1.00	Tipo de suelo A, B o C
<i>r</i> = 1.50	Tipo de suelo D o E

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC–SE–DS

El estudio se consideró suelo tipo D. Por lo tanto, el factor *r* adoptado es de **1.50**.

4.3.10. Coeficiente de importancia, *I*

La edificación se clasifica dentro del grupo de “Edificaciones esenciales”, ya que al ser un edificio residencial no forma parte de los otros grupos determinados por la normativa.

Tabla 11 - Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente <i>I</i>
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC–SE–DS

4.3.11. Cortante basal de diseño, *V*

Cortante basal de diseño *V*, se obtiene los siguientes resultados:

S_a(T_a): Espectro de diseño en aceleración tomando en cuenta el periodo de vibración.

$$V = \frac{S_a(T_a) * I}{R * \phi_p * \phi_e}$$

$$V = \frac{1.1904 * 1.50}{8 * 0.90 * 0.90}$$

$$V = 0.2756$$

4.3.12. Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T, k

Para determinar k depende del periodo de vibración, T, como se indica.

Tabla 12 - Coeficiente K

Valores de T (s)	k
≤ 0.5	1
0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T
> 2.5	2

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC–SE–DS

$$k = 0.75 + 0.50T$$

$$k = 0.75 + (0.50 * 0.6475)$$

$$k = 1.0737$$

4.3.13. Período fundamental de vibración máximo de la estructura, T_{máx}

Considerando que el periodo de vibración no puede superar 1.3*T se determina que:

$$T_{max} = 1.30 * T$$

$$T_{max} = 1.30 * 0.6475$$

$$T_{max} = 0.842$$

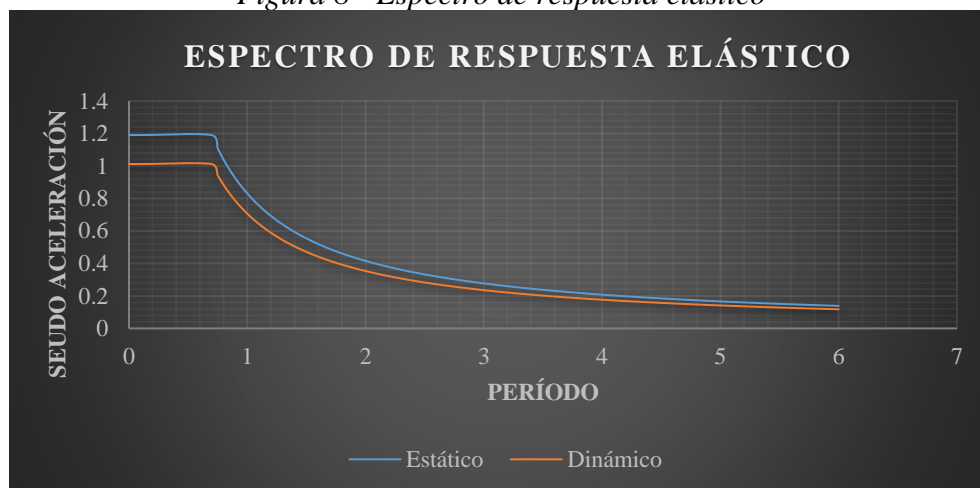
4.3.14. Ajuste del corte basal de los resultados obtenidos por el análisis dinámico

De acuerdo con la NEC-15, se indica que el cortante basal dinámico no debe ser:

- < 80% del cortante basal V obtenido por el método estático para estructuras regulares.
- < 85% del cortante basal V obtenido por el método estático para estructuras irregulares.

Para el presente caso se consideró estructura irregular, por lo tanto, se aplicó el 85% del cortante Basal V.

Figura 8 - Espectro de respuesta elástico

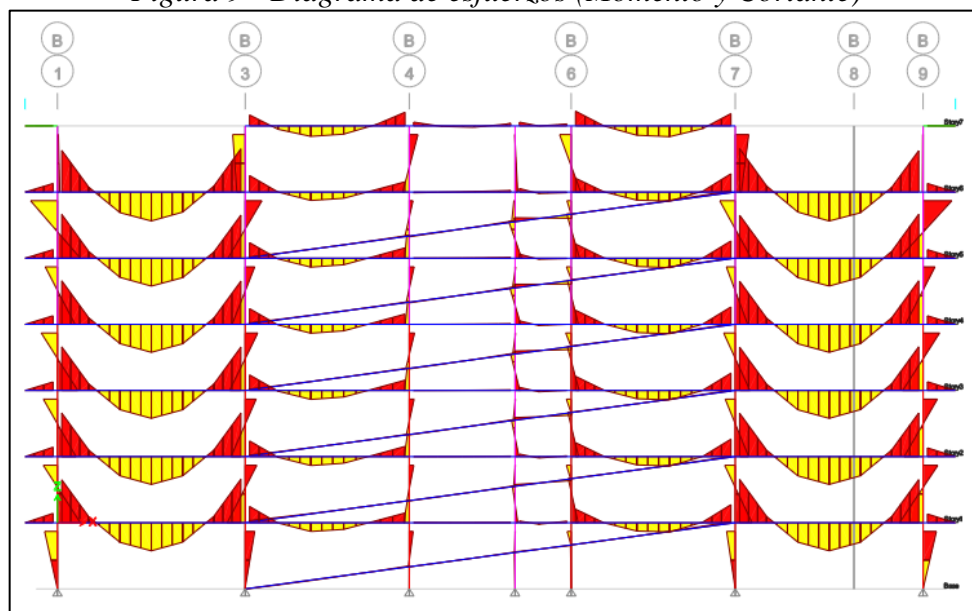


Fuente: Elaboración autónoma

4.4. Análisis de uniones

Previo a la comparación de uniones por conexiones de soldadura, RBS y BFP, se deberá realizar un análisis de la estructura para determinar las cargas y los momentos para su análisis.

Figura 9 - Diagrama de esfuerzos (Momento y Cortante)

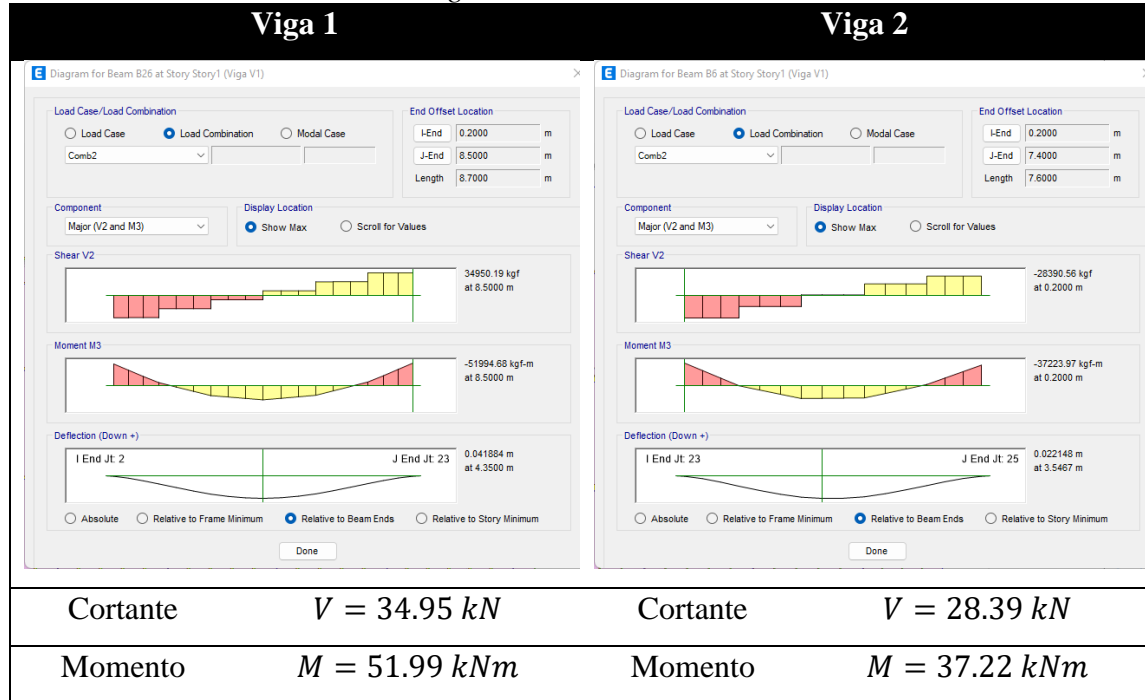


Fuente: Elaboración autónoma

4.4.1. Unión entre piso

Se analizara en el Nivel +3.06, las cargas y momentos a considerarse son los siguientes:

Tabla 13 - Cargas a ser analizadas en las uniones



Fuente: Elaboración autónoma

4.4.1.1. Conexión por soldadura

Tabla 14 - Verificación de análisis de conexión por soldadura

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100.0%	OK
Placas	0.0 < 5.0%	OK
Soldaduras	81.8 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	
GMNA	Calculado	

Fuente: Elaboración autónoma

Realizado el modelado de la unión por soldadura se realizará el análisis de soldadura con un comportamiento del 81.80%, no existe fallas en placas debido que la unión únicamente es realizada la soldadura entre el elemento de columna y viga.

Tabla 15 - Comportamiento de los elementos ante las cargas

Nombre	f_y [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{cEd} [MPa]	Estado de la verificación
Columna	248.2	20.0	LE1	197.2	0.0	0.0	OK
Viga 1-tfl 1	248.2	12.0	LE1	116.7	0.0	0.0	OK
Viga 1-bfl 1	248.2	12.0	LE1	116.3	0.0	0.0	OK
Viga 1-w 1	248.2	5.0	LE1	94.8	0.0	0.0	OK
Viga 2-tfl 1	248.2	12.0	LE1	93.4	0.0	0.0	OK
Viga 2-bfl 1	248.2	12.0	LE1	93.6	0.0	0.0	OK
Viga 2-w 1	248.2	5.0	LE1	64.4	0.0	0.0	OK

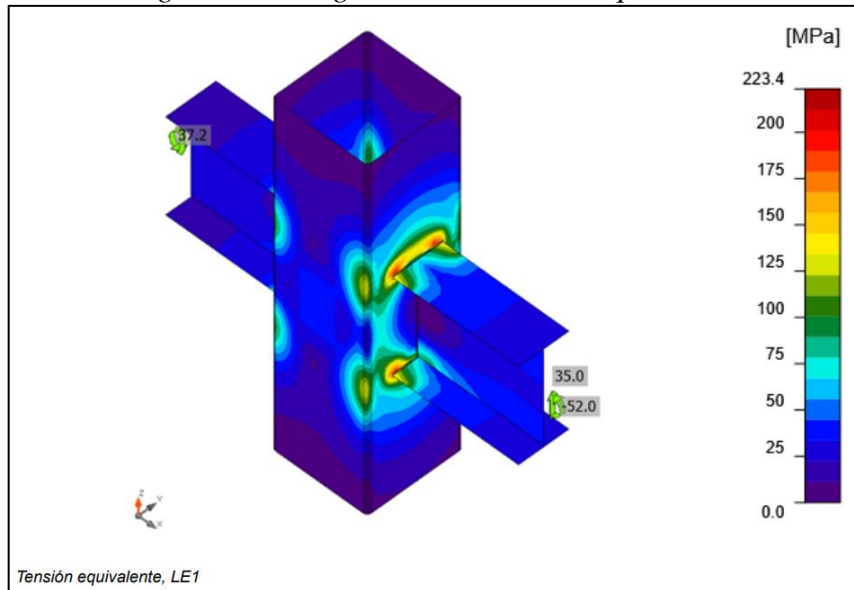
Fuente: Elaboración autónoma

Datos:

- ϵ_{PI} = Deformación plástica
- σ_{cEd} = Tensiones de Contacto
- σ_{Ed} = Ec. Tensión
- f_y = Límite elástico
- ϵ_{lim} = Límite de la deformación plástica

La unión por soldadura hace que el elemento de columna llegue con una tensión de 197.20 MPa ante la viga que recibe la mayor carga. Cabe indicar que el límite elástico máximo de la materialidad del acero A36 es de 248.20 MPa. Con lo cual no llega a tener fallas.

Figura 10 - Diagrama de la tensión equivalente



Fuente: Elaboración autónoma

De acuerdo con el diagrama de tensión equivalente se puede observar que los esfuerzos máximos se encuentran en las alas de las vigas con un comportamiento de 197.20 MPa.

Tabla 16 - Secciones de soldadura

Ítem	Borde	Xu	T_h [mm]	L_s [mm]	L [mm]	L_c [mm]	Cargas	F_n [kN]	ϕR_n [kN]	Ut [%]	Estado
Columna-w 1	Viga 1-tfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	22.0	26.9	81.8	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	21.0	26.2	80.3	OK
Columna-w 1	Viga 1-bfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	21.0	26.1	80.2	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	22.0	26.9	81.8	OK
Columna-w 1	Viga 1-w 1	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	375	25	LE1	13.2	31.4	41.9	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	375	25	LE1	13.2	31.4	41.9	OK
Columna-w 3	Viga 2-tfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	20.1	25.9	77.4	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	19.5	25.3	76.9	OK
Columna-w 3	Viga 2-bfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	19.5	25.4	76.9	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	20.1	26.0	77.4	OK
Columna-w 3	Viga 2-w 1	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	375	25	LE1	8.4	31.4	26.8	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	375	25	LE1	8.4	31.4	26.8	OK

Fuente: Elaboración autónoma

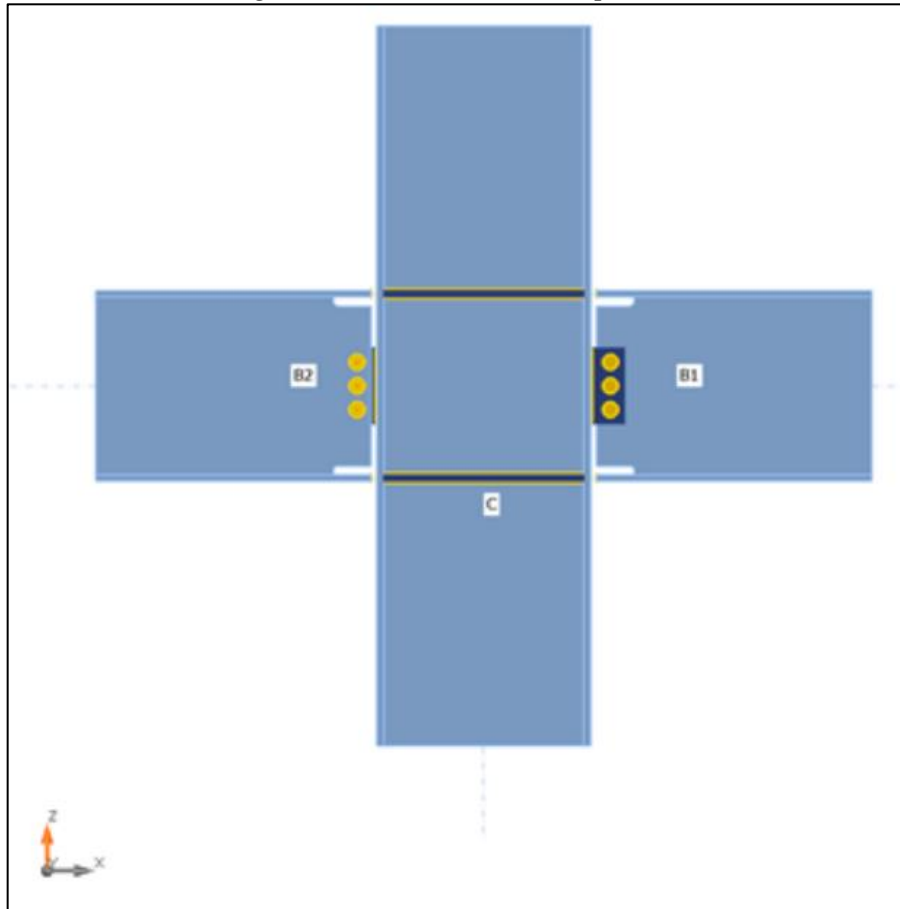
Datos:

- T_h = Espesor de garganta de soldadura
- L_s = Tamaño de la soldadura
- L = Longitud de la soldadura
- L_c = Longitud del elemento crítico de la soldadura
- F_n = Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
- ϕR_n = Resistencia de la soldadura
- Ut = Utilización

El tipo de soldadura a ocupar en este tipo unión se optó por tipo ángulo, con relación a unir las caras de alamas de columna con las alas y alma de las vigas.

4.4.1.2. Conexión RBS

Figura 11 - Junta de unión tipo RBS



Fuente: Elaboración autónoma

Se puede observar que el modelado de la unión columna y vigas en el área de entre piso con referencia al tipo de conexión RBS.

Tabla 17 - Verificación de análisis de conexión RBS

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100.0%	OK
Placas	$0.0 < 5.0\%$	OK
Tornillos	$17.3 < 100\%$	OK
Soldaduras	$43.1 < 100\%$	OK
Pandeo	No calculado	

Fuente: Elaboración autónoma

Realizado el modelado de la unión tipo RBS se realizará el análisis de soldadura con un comportamiento del 43.10 % y el comportamiento de los tornillos 17.30 %, no existe fallas en placas entre los elementos de columna y vigas.

Tabla 18 - Comportamiento de los elementos ante las cargas

Nombre	f_y [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{cEd} [MPa]	Estado de la verificación
C-tfl 1	248.2	15.0	LE1	34.9	0.0	0.0	OK
C-bfl 1	248.2	15.0	LE1	25.6	0.0	0.0	OK
C-w 1	248.2	10.0	LE1	44.8	0.0	0.0	OK
B1-tfl 1	248.2	12.0	LE1	64.9	0.0	0.0	OK
B1-bfl 1	248.2	12.0	LE1	64.6	0.0	0.0	OK
B1-w 1	248.2	5.0	LE1	147.0	0.0	6.2	OK
B2-tfl 1	248.2	12.0	LE1	45.3	0.0	0.0	OK
B2-bfl 1	248.2	12.0	LE1	45.0	0.0	0.0	OK
B2-w 1	248.2	5.0	LE1	122.5	0.0	5.0	OK
FP3	248.2	8.0	LE1	101.5	0.0	6.7	OK
STIFF2a	248.2	12.0	LE1	40.0	0.0	0.0	OK
STIFF2b	248.2	12.0	LE1	40.3	0.0	0.0	OK
STIFF2c	248.2	12.0	LE1	40.0	0.0	0.0	OK
STIFF2d	248.2	12.0	LE1	40.4	0.0	0.0	OK
FP4	248.2	8.0	LE1	82.1	0.0	5.4	OK

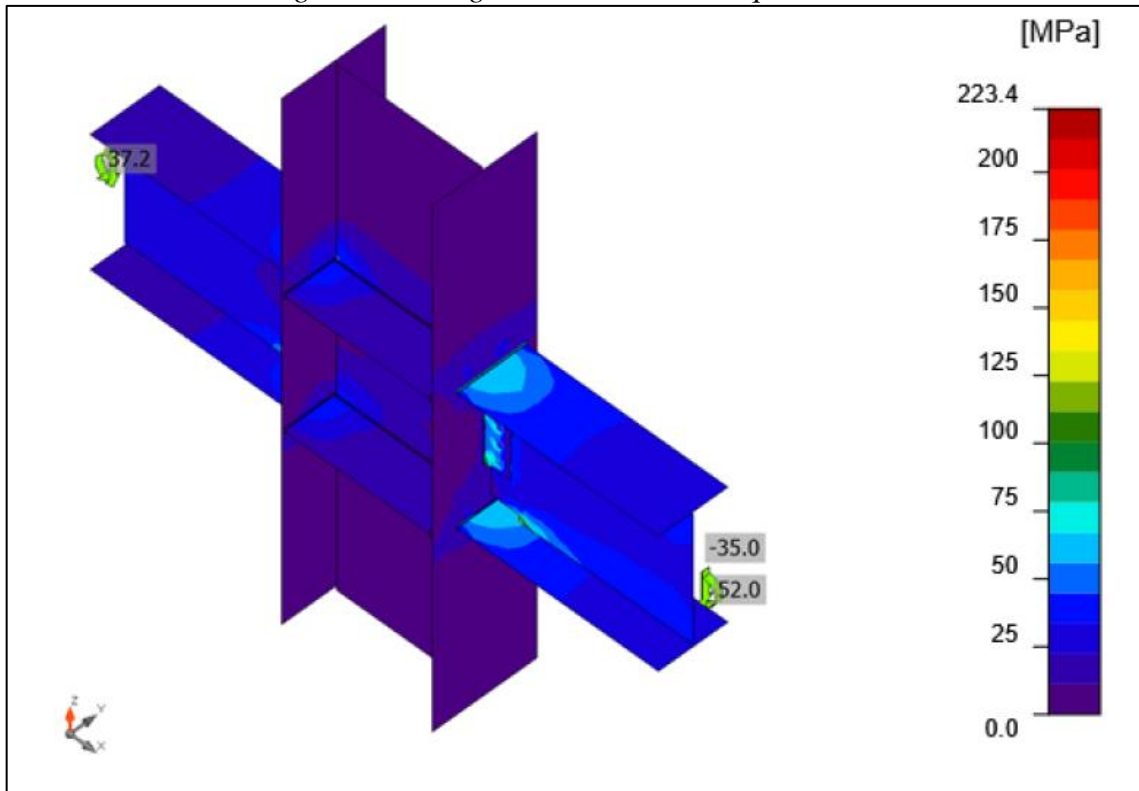
Fuente: Elaboración autónoma

Datos:

- ϵ_{PI} = Deformación plástica
- σ_{cEd} = Tensiones de Contacto
- σ_{Ed} = Ec. Tensión
- f_y = Límite elástico
- ϵ_{lim} = Límite de la deformación plástica

La conexión RBS hace que los elementos de las vigas lleguen con una tensión de 147.00 MPa y 122.50 MPa ante las cargas que reciben las vigas, las columnas no sufren tensión. Cabe indicar que el límite elástico máximo de la materialidad del acero A36 es de 248.20 MPa. Con lo cual no llega a tener fallas.

Figura 12 - Diagrama de la tensión equivalente



Fuente: Elaboración autónoma

De acuerdo con el diagrama de tensión equivalente se puede observar que los esfuerzos máximos se encuentran en las alas de las vigas con un comportamiento de 147.20 MPa y 122.50 MPa .

Tabla 19 - Análisis del comportamiento de los tornillos

Forma	Ítem	Calidad	Cargas	F_t [kN]	V [kN]	$\phi R_{n,portante}$ [kN]	U_{t_t} [%]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Estado
	B1	5/8 A325 - 1	LE1	0.8	9.5	57.2	0.9	17.2	-	OK
	B2	5/8 A325 - 1	LE1	2.2	9.5	57.2	2.4	17.3	-	OK
	B3	5/8 A325 - 1	LE1	0.9	9.5	57.2	1.0	17.2	-	OK
	B4	5/8 A325 - 1	LE1	0.7	7.7	57.2	0.7	13.9	-	OK
	B5	5/8 A325 - 1	LE1	1.8	7.7	57.2	1.9	14.0	-	OK
	B6	5/8 A325 - 1	LE1	0.7	7.7	57.2	0.8	13.9	-	OK

Fuente: Elaboración autónoma

Datos:

- F_{nt} = Resistencia a tracción nominal de AISC 360-16 Tabla J3.2
- A_b = Área bruta del tornillo
- ϕ = Factor de resistencia para aplastamiento en agujeros para tornillos
- F_{nv} = Resistencia a tensiones tangenciales de AISC 360-16 Tabla J3.2
- l_c = Distancia libre, en la dirección de la fuerza, entre el borde del agujero y el borde del agujero adyacente o borde del material
- t = Espesor de la placa
- d = Diámetro del tornillo
- F_u = Resistencia a tracción del material conectado

Tabla 20 - Secciones de soldadura

Ítem	Borde	Xu	T _h [mm]	L _s [mm]	L [mm]	L _c [mm]	Cargas	F _n [kN]	φR _n [kN]	Ut [%]	Estado
C-bfl 1	FP3	E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	159	10	LE1	3.9	9.0	43.1	OK
		E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	159	10	LE1	2.0	8.7	23.3	OK
C-bfl 1	STIFF2a	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	5.7	53.3	10.8	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	7.1	55.5	12.8	OK
C-w 1	STIFF2a	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	420	52	LE1	5.4	47.4	11.4	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	5.1	43.2	11.9	OK
C-tfl 1	STIFF2a	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	6.6	53.1	12.5	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	9.5	55.6	17.0	OK
C-bfl 1	STIFF2b	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	7.0	55.6	12.6	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	5.5	53.4	10.3	OK
C-w 1	STIFF2b	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	5.2	43.0	12.2	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	420	52	LE1	5.3	47.4	11.2	OK
C-tfl 1	STIFF2b	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	9.4	55.6	17.0	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	6.8	53.0	12.9	OK
C-bfl 1	STIFF2c	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	7.2	55.5	12.9	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	5.8	53.3	10.8	OK
C-w 1	STIFF2c	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	5.1	43.2	11.9	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	420	52	LE1	5.4	47.4	11.4	OK
C-tfl 1	STIFF2c	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	9.4	55.6	17.0	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	6.6	53.1	12.5	OK
C-bfl 1	STIFF2d	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	5.5	53.4	10.3	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	7.0	55.6	12.6	OK
C-w 1	STIFF2d	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	420	52	LE1	5.3	47.4	11.3	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	5.3	43.0	12.2	OK
C-tfl 1	STIFF2d	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	6.9	53.0	13.0	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	9.4	55.6	17.0	OK
C-tfl 1	B1-bfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	13.3	57.5	23.1	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	16.3	57.5	28.4	OK
C-tfl 1	B1-tfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	16.4	57.5	28.5	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	13.3	57.5	23.2	OK
C-tfl 1	FP4	E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	159	10	LE1	3.0	9.0	33.6	OK
		E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	159	10	LE1	1.7	8.8	18.9	OK
C-bfl 1	B2-bfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	9.2	57.5	16.1	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	11.6	57.5	20.1	OK
C-bfl 1	B2-tfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	11.6	57.5	20.2	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	9.3	57.5	16.1	OK

Fuente: Elaboración autónoma

Datos:

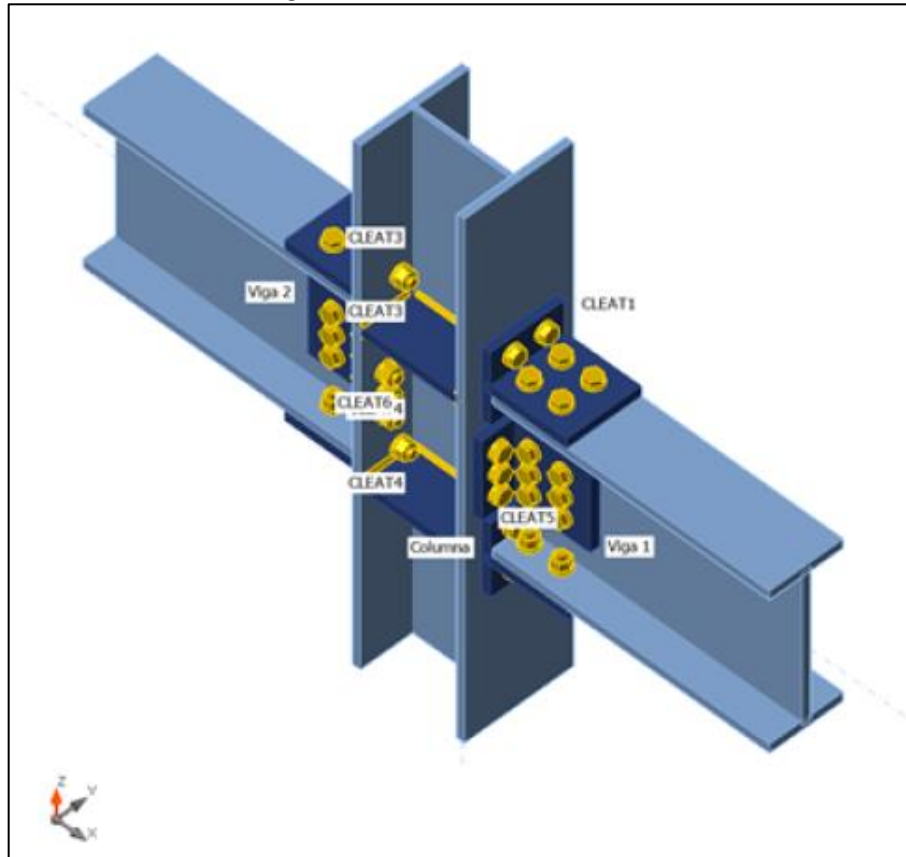
- T_h = Espesor de garganta de soldadura
- L_s = Tamaño de la soldadura
- L = Longitud de la soldadura
- L_c = Longitud del elemento crítico de la soldadura

- F_n = Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
- ϕR_n = Resistencia de la soldadura
- Ut = Utilización

El tipo de soldadura a ocupar en este tipo unión se optó por tipo ángulo, con relación a unir las caras de alas de columna con las alas, alma de las vigas y placas.

4.4.1.3. Conexión BFP

Figura 13 - Junta de unión BFP



Fuente: Elaboración autónoma

Se puede observar que el modelado de la unión columna y vigas en el área de entre piso con referencia al tipo de conexión BFP.

Tabla 21 - Verificación de análisis de conexión BFP

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100.0%	OK
Placas	0.5 < 5.0%	OK
Tornillos	84.4 < 100%	OK
Soldaduras	55.2 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	

Fuente: Elaboración autónoma

Realizado el modelado de la unión por soldadura se realizará el análisis de soldadura con un comportamiento del 55.20 %, el comportamiento de los tornillos 84.40 % y el comportamiento de las placas es de 0.50 %, no existe fallas en placas entre los elementos de columna y vigas.

Tabla 22 - Comportamiento de los elementos ante las cargas

Nombre	f_y [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pI} [%]	σ_{cEd} [MPa]	Estado de la verificación
Columna-bfl 1	248.2	14.2	LE1	106.1	0.0	16.0	OK
Columna-tfl 1	248.2	14.2	LE1	221.0	0.0	38.1	OK
Columna-w 1	248.2	9.1	LE1	111.9	0.0	0.0	OK
Viga 1-bfl 1	248.2	16.7	LE1	82.5	0.0	3.9	OK
Viga 1-tfl 1	248.2	16.7	LE1	102.4	0.0	42.7	OK
Viga 1-w 1	248.2	17.4	LE1	62.3	0.0	42.7	OK
Viga 2-bfl 1	248.2	16.7	LE1	163.8	0.0	8.5	OK
Viga 2-tfl 1	248.2	16.7	LE1	178.0	0.0	36.0	OK
Viga 2-w 1	248.2	17.4	LE1	68.2	0.0	36.0	OK
CLEAT1-tfl 1	248.2	16.7	LE1	159.5	0.0	18.3	OK
CLEAT1-w 1	248.2	17.4	LE1	121.5	0.0	28.4	OK
CLEAT2-tfl 1	248.2	16.7	LE1	44.1	0.0	21.9	OK
CLEAT2-w 1	248.2	17.4	LE1	104.1	0.0	21.9	OK
CLEAT3-tfl 1	248.2	16.7	LE1	224.4	0.5	45.5	OK
CLEAT3-w 1	248.2	17.4	LE1	208.8	0.0	22.9	OK
CLEAT4-tfl 1	248.2	16.7	LE1	193.9	0.0	50.3	OK
CLEAT4-w 1	248.2	17.4	LE1	223.4	0.0	50.3	OK
CLEAT5-tfl 1	248.2	16.7	LE1	57.4	0.0	13.4	OK
CLEAT5-w 1	248.2	17.4	LE1	35.1	0.0	13.4	OK
CLEAT6-tfl 1	248.2	16.7	LE1	178.3	0.0	53.3	OK
CLEAT6-w 1	248.2	17.4	LE1	97.0	0.0	53.3	OK
STIFF1a	248.2	18.0	LE1	109.7	0.0	0.0	OK
STIFF1b	248.2	18.0	LE1	109.3	0.0	0.0	OK
STIFF1c	248.2	18.0	LE1	64.9	0.0	0.0	OK
STIFF1d	248.2	18.0	LE1	58.8	0.0	0.0	OK

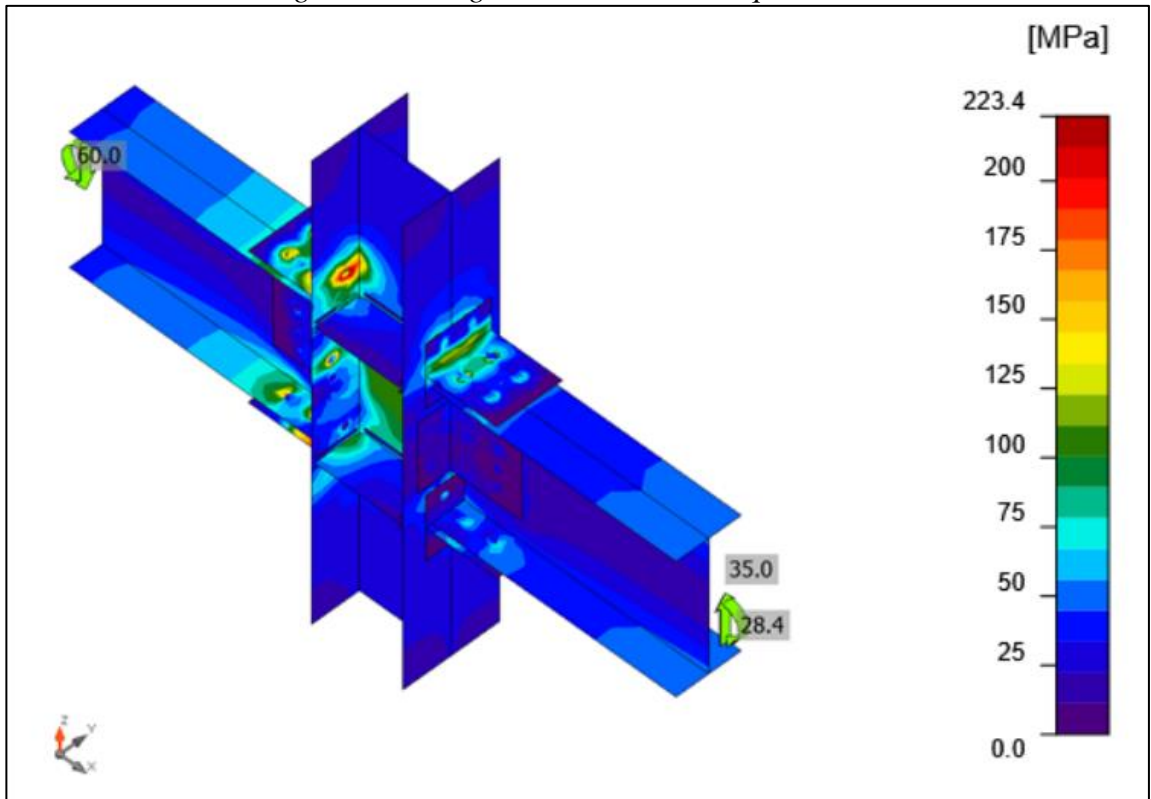
Fuente: Elaboración autónoma

Datos:

- ϵ_{pI} = Deformación plástica
- σ_{cEd} = Tensiones de Contacto
- σ_{Ed} = Ec. Tensión
- f_y = Límite elástico
- ϵ_{lim} = Límite de la deformación plástica

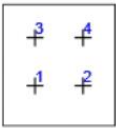
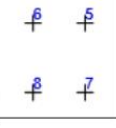
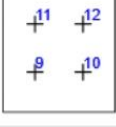
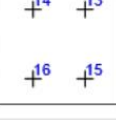
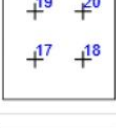
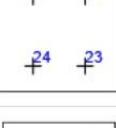
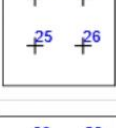
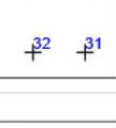
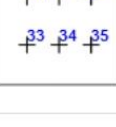
La conexión BFP hace que los elementos de las vigas lleguen con una tensión de 163.80 MPa y 178.00 MPa ante las cargas que reciben las vigas, las columnas sufren tensión de 221.00MPa. Cabe indicar que el límite elástico máximo de la materialidad del acero A36 es de 248.20 MPa. Finalmente, las placas llegan a tener deformaciones de 224.40 MPa cabe indicar que la unión no llega a tener fallas.

Figura 14 - Diagrama de la tension equivalente



Fuente: Elaboración autónoma

Tabla 23 - Análisis del comportamiento de los tornillos

Forma	Ítem	Calidad	Cargas	F _t [kN]	V [kN]	φR _{n,portante} [kN]	U _t [%]	U _s [%]	U _{ts} [%]	Estado
	B1	5/8 A325 - 1	LE1	6.3	18.7	190.9	6.8	33.9	-	OK
	B2	5/8 A325 - 1	LE1	6.2	18.8	190.9	6.8	34.0	-	OK
	B3	5/8 A325 - 1	LE1	0.5	18.2	127.9	0.5	32.9	-	OK
	B4	5/8 A325 - 1	LE1	0.5	18.2	127.9	0.5	33.0	-	OK
	B5	5/8 A325 - 1	LE1	21.5	5.0	162.4	23.4	9.1	-	OK
	B6	5/8 A325 - 1	LE1	21.2	5.1	162.4	23.1	9.2	-	OK
	B7	5/8 A325 - 1	LE1	26.2	5.3	124.9	28.5	9.6	-	OK
	B8	5/8 A325 - 1	LE1	25.8	5.4	124.9	28.0	9.8	-	OK
	B9	5/8 A325 - 1	LE1	0.1	20.6	190.9	0.1	37.2	-	OK
	B10	5/8 A325 - 1	LE1	0.1	20.2	190.9	0.1	36.6	-	OK
	B11	5/8 A325 - 1	LE1	11.8	19.8	190.9	12.8	35.8	-	OK
	B12	5/8 A325 - 1	LE1	11.7	19.4	190.9	12.7	35.2	-	OK
	B13	5/8 A325 - 1	LE1	2.6	2.5	162.4	2.8	4.5	-	OK
	B14	5/8 A325 - 1	LE1	2.2	2.6	162.4	2.3	4.6	-	OK
	B15	5/8 A325 - 1	LE1	0.8	3.0	124.9	0.9	5.4	-	OK
	B16	5/8 A325 - 1	LE1	0.9	3.0	124.9	0.9	5.5	-	OK
	B17	5/8 A325 - 1	LE1	12.2	43.4	190.9	13.3	78.7	-	OK
	B18	5/8 A325 - 1	LE1	12.0	42.8	190.9	13.1	77.4	-	OK
	B19	5/8 A325 - 1	LE1	2.7	43.0	127.9	2.9	77.8	-	OK
	B20	5/8 A325 - 1	LE1	3.2	42.3	127.9	3.4	76.6	-	OK
	B21	5/8 A325 - 1	LE1	58.9	4.4	131.8	64.0	8.0	-	OK
	B22	5/8 A325 - 1	LE1	60.0	4.4	127.0	65.2	8.0	-	OK
	B23	5/8 A325 - 1	LE1	56.5	1.2	162.4	61.4	2.1	-	OK
	B24	5/8 A325 - 1	LE1	58.2	0.6	126.4	63.3	1.0	-	OK
	B25	5/8 A325 - 1	LE1	0.0	46.5	190.9	0.0	84.2	-	OK
	B26	5/8 A325 - 1	LE1	0.0	46.6	190.9	0.0	84.4	-	OK
	B27	5/8 A325 - 1	LE1	6.0	45.4	190.9	6.5	82.1	-	OK
	B28	5/8 A325 - 1	LE1	5.9	45.5	190.9	6.4	82.4	-	OK
	B29	5/8 A325 - 1	LE1	4.6	3.9	125.2	5.0	7.2	-	OK
	B30	5/8 A325 - 1	LE1	6.3	4.2	125.3	6.8	7.6	-	OK
	B31	5/8 A325 - 1	LE1	0.0	6.3	162.4	0.0	11.4	-	OK
	B32	5/8 A325 - 1	LE1	0.0	6.3	162.4	0.0	11.4	-	OK
	B33	5/8 A325 - 1	LE1	0.3	6.9	198.9	0.4	12.5	-	OK
	B34	5/8 A325 - 1	LE1	0.1	3.1	141.2	0.2	5.7	-	OK
	B35	5/8 A325 - 1	LE1	0.1	5.1	198.9	0.1	9.3	-	OK
	B36	5/8 A325 - 1	LE1	0.4	7.4	167.5	0.4	13.5	-	OK
	B37	5/8 A325 - 1	LE1	0.4	4.2	141.2	0.4	7.5	-	OK
	B38	5/8 A325 - 1	LE1	0.3	5.9	198.9	0.3	10.6	-	OK
	B39	5/8 A325 - 1	LE1	8.4	0.6	115.2	9.2	1.1	-	OK
	B40	5/8 A325 - 1	LE1	3.1	0.5	115.2	3.4	0.8	-	OK

Fuente: Elaboración autónoma

Datos:

- F_{nt} = Resistencia a tracción nominal de AISC 360-16 Tabla J3.2
- A_b = Área bruta del tornillo
- ϕ = Factor de resistencia para aplastamiento en agujeros para tornillos
- F_{nv} = Resistencia a tensiones tangenciales de AISC 360-16 Tabla J3.2
- l_c = Distancia libre, en la dirección de la fuerza, entre el borde del agujero y el borde del agujero adyacente o borde del material
- t = Espesor de la placa
- d = Diámetro del tornillo
- F_u = Resistencia a tracción del material conectado

Tabla 24 - Secciones de soldadura

Ítem	Borde	Xu	T_h [mm]	L_s [mm]	L [mm]	L_c [mm]	Cargas	F_n [kN]	ϕR_n [kN]	Ut [%]	Estado
Columna-bfl 1	STIFF1a	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	6.7	28.7	23.2	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	6.8	30.1	22.6	OK
Columna-w 1	STIFF1a	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	161	23	LE1	3.6	26.0	14.0	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	161	23	LE1	3.6	25.5	14.3	OK
Columna-tfl 1	STIFF1a	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	4.3	30.3	14.1	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	16.0	30.1	53.0	OK
Columna-bfl 1	STIFF1b	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	7.0	30.0	23.3	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	7.0	28.6	24.3	OK
Columna-w 1	STIFF1b	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	161	23	LE1	3.8	25.1	15.3	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	161	23	LE1	4.0	24.8	16.2	OK
Columna-tfl 1	STIFF1b	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	16.7	30.2	55.2	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	5.7	30.0	19.2	OK
Columna-bfl 1	STIFF1c	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	5.2	29.6	17.5	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	8.0	29.7	26.8	OK
Columna-w 1	STIFF1c	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	161	23	LE1	2.8	28.2	10.0	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	161	23	LE1	2.9	23.1	12.4	OK
Columna-tfl 1	STIFF1c	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	11.6	30.2	38.3	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	9.8	30.0	32.7	OK
Columna-bfl 1	STIFF1d	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	7.8	29.7	26.3	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	5.2	29.0	18.0	OK
Columna-w 1	STIFF1d	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	161	23	LE1	3.1	22.9	13.3	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	161	23	LE1	3.3	27.1	12.0	OK
Columna-tfl 1	STIFF1d	E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	10.6	29.6	35.8	OK
		E70xx	▲4.2▲	▲6.0▲	88	22	LE1	11.8	30.0	39.2	OK

Fuente: Elaboración autónoma

Datos:

- T_h = Espesor de garganta de soldadura
- L_s = Tamaño de la soldadura
- L = Longitud de la soldadura

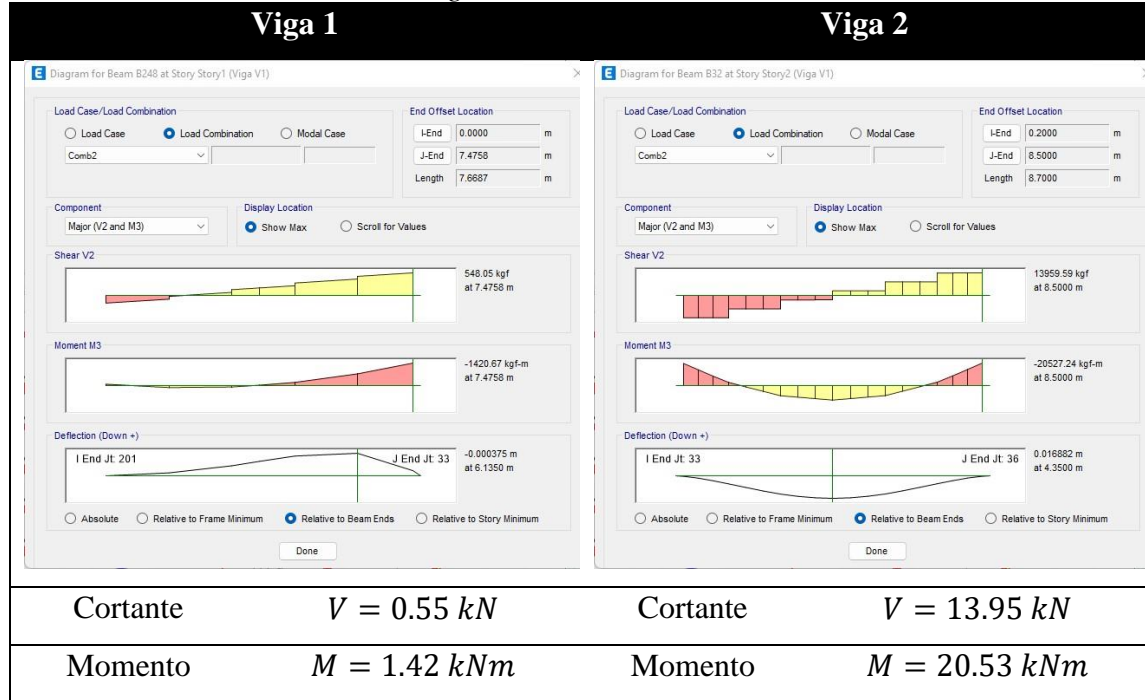
- L_c = Longitud del elemento crítico de la soldadura
- F_n = Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
- ϕR_n = Resistencia de la soldadura
- Ut = Utilización

El tipo de soldadura a ocupar en este tipo unión se optó por tipo ángulo, con relación a unir las caras de alas de columna con las alas, alma de las vigas y placas.

4.4.2. Unión en área de acceso vehicular

Se analizará en el Nivel +3.06, las cargas y momentos a considerarse son los siguientes:

Tabla 25 - Cargas a ser analizadas en las uniones



Fuente: Elaboración autónoma

4.4.2.1. Conexión por soldadura

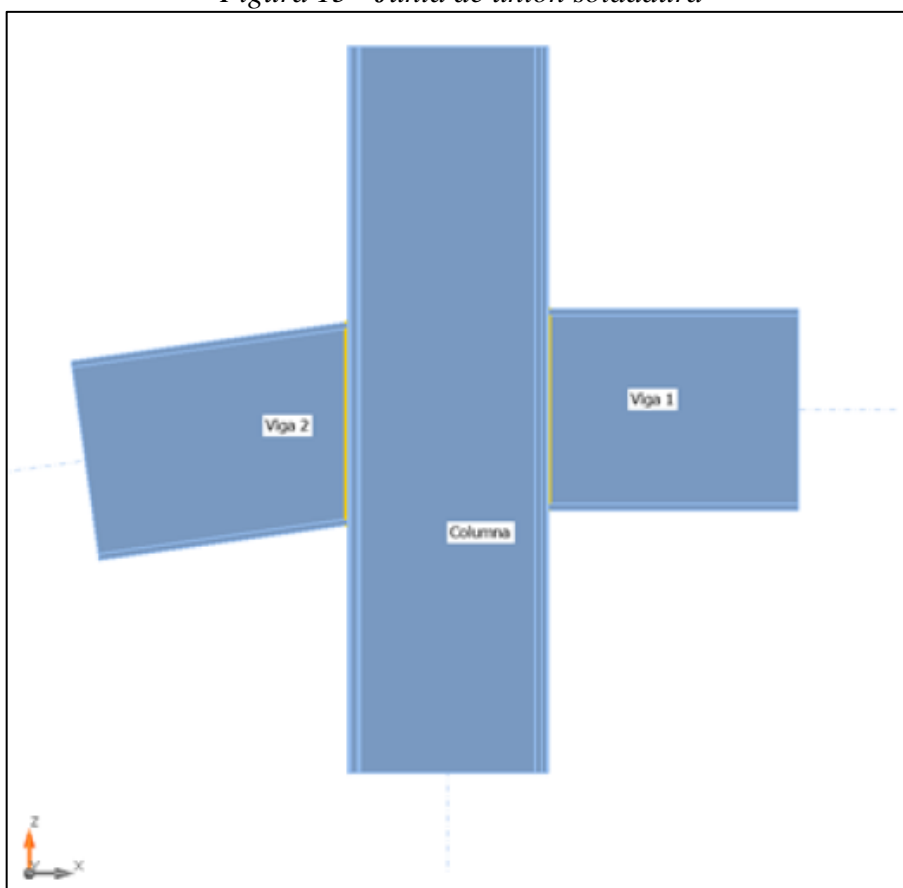
Tabla 26 - Verificación de análisis de conexión Soldadura

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100.0%	OK
Placas	$0.0 < 5.0\%$	OK
Soldaduras	$75.4 < 100\%$	OK
Pandeo	No calculado	
GMNA	Calculado	

Fuente: Elaboración autónoma

Realizado el modelado de la unión por soldadura se realizará el análisis de soldadura con un comportamiento del 75.40%, no existe fallas en placas debido que la unión únicamente es realizada la soldadura entre el elemento de columna y viga.

Figura 15 - Junta de unión soldadura



Fuente: Elaboración autónoma

Se puede observar que el modelado de la unión columna y vigas en el área de acceso vehicular tiene el grado de porcentaje de inclinación que corresponde al ingreso de este.

Tabla 27 - Comportamiento de los elementos ante las cargas

Nombre	f_y [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{cEd} [MPa]	Estado de la verificación
Columna	248.2	20.0	LE1	89.1	0.0	0.0	OK
Viga 1-tfl 1	248.2	12.0	LE1	66.6	0.0	0.0	OK
Viga 1-bfl 1	248.2	12.0	LE1	66.5	0.0	0.0	OK
Viga 1-w 1	248.2	5.0	LE1	30.6	0.0	0.0	OK
Viga 2-tfl 1	248.2	12.0	LE1	47.4	0.0	0.0	OK
Viga 2-bfl 1	248.2	12.0	LE1	49.7	0.0	0.0	OK
Viga 2-w 1	248.2	5.0	LE1	18.0	0.0	0.0	OK

Fuente: Elaboración autónoma

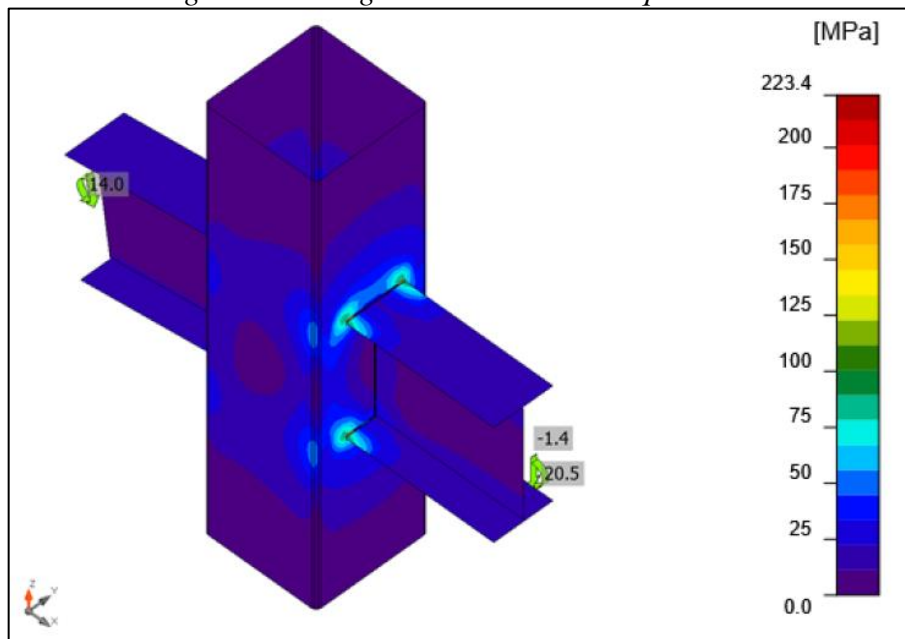
Datos:

- ϵ_{PI} = Deformación plástica
- σ_{cEd} = Tensiones de Contacto

- σ_{Ed} = Ec. Tensión
- f_y = Límite elástico
- ε_{lim} = Límite de la deformación plástica

La unión por soldadura hace que el elemento de columna llegue con una tensión de 89.10 MPa ante la viga que recibe la mayor carga. Cabe indicar que el límite elástico máximo de la materialidad del acero A36 es de 248.20 MPa . Con lo cual no llega a tener fallas.

Figura 16 - Diagrama de la tensión equivalente



Fuente: Elaboración autónoma

De acuerdo con el diagrama de tensión equivalente se puede observar que los esfuerzos máximos se encuentran en la columna con un comportamiento de 89.10 MPa .

Tabla 28 - Secciones de soldadura

Ítem	Borde	Xu	T_h [mm]	L_s [mm]	L [mm]	L_c [mm]	Cargas	F_n [kN]	ϕR_n [kN]	Ut [%]	Estado
Columna-w 1	Viga 1-tfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	19.5	25.8	75.4	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	19.0	25.3	75.2	OK
Columna-w 1	Viga 1-bfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	19.0	25.3	75.2	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	19.5	25.8	75.4	OK
Columna-w 1	Viga 1-w 1	E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	375	25	LE1	5.2	20.7	25.1	OK
		E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	375	25	LE1	5.2	20.7	25.1	OK
Columna-w 3	Viga 2-tfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	14.1	25.5	55.5	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	13.4	25.0	53.5	OK
Columna-w 3	Viga 2-bfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	11.7	25.6	45.7	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	25	LE1	16.1	24.9	64.7	OK
Columna-w 3	Viga 2-w 1	E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	379	25	LE1	4.6	21.5	21.4	OK
		E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	379	25	LE1	4.6	21.5	21.4	OK

Fuente: Elaboración autónoma

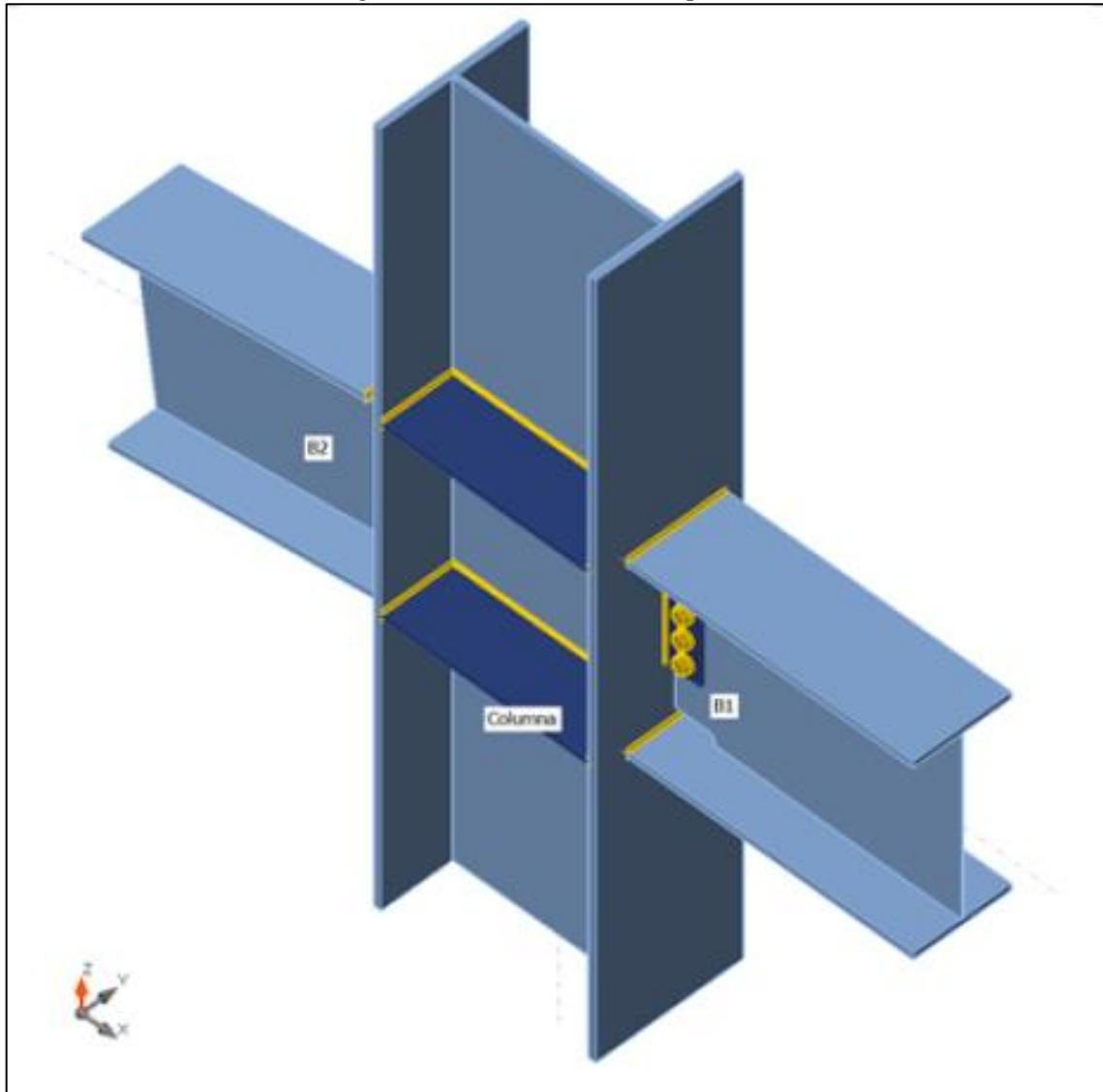
Datos:

- T_h = Espesor de garganta de soldadura
- L_s = Tamaño de la soldadura
- L = Longitud de la soldadura
- L_c = Longitud del elemento crítico de la soldadura
- F_n = Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
- ϕR_n = Resistencia de la soldadura
- Ut = Utilización

El tipo de soldadura a ocupar en este tipo unión se optó por tipo ángulo, con relación a unir las caras de alamas de columna con las alas y alma de las vigas.

4.4.2.2. Conexión RBS

Figura 17 - Junta de union tipo RBS



Fuente: Elaboración autónoma

Tabla 29 - Verificación de análisis de conexión RBS

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100.0%	OK
Placas	0.0 < 5.0%	OK
Tornillos	0.9 < 100%	OK
Soldaduras	13.8 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	

Fuente: Elaboración autónoma

Realizado el modelado de la unión tipo RBS se realizará el análisis de soldadura con un comportamiento del 13.80 % y el comportamiento de los tornillos 0.90 %, no existe fallas en placas entre los elementos de columna y vigas.

Tabla 30 - Comportamiento de los elementos ante las cargas

Nombre	f_y [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{cEd} [MPa]	Estado de la verificación
Columna-tfl 1	248.2	15.0	LE1	6.9	0.0	0.0	OK
Columna-bfl 1	248.2	15.0	LE1	13.8	0.0	0.0	OK
Columna-w 1	248.2	10.0	LE1	22.9	0.0	0.0	OK
B1-tfl 1	248.2	12.0	LE1	25.8	0.0	0.0	OK
B1-bfl 1	248.2	12.0	LE1	26.0	0.0	0.0	OK
B1-w 1	248.2	5.0	LE1	37.4	0.0	0.4	OK
B2-tfl 1	248.2	12.0	LE1	35.9	0.0	0.0	OK
B2-bfl 1	248.2	12.0	LE1	35.7	0.0	0.0	OK
B2-w 1	248.2	5.0	LE1	101.4	0.0	0.3	OK
FP3	248.2	8.0	LE1	5.7	0.0	0.4	OK
STIFF2a	248.2	12.0	LE1	11.9	0.0	0.0	OK
STIFF2b	248.2	12.0	LE1	11.9	0.0	0.0	OK
STIFF2c	248.2	12.0	LE1	12.0	0.0	0.0	OK
STIFF2d	248.2	12.0	LE1	12.0	0.0	0.0	OK
FP4	248.2	8.0	LE1	4.5	0.0	0.3	OK

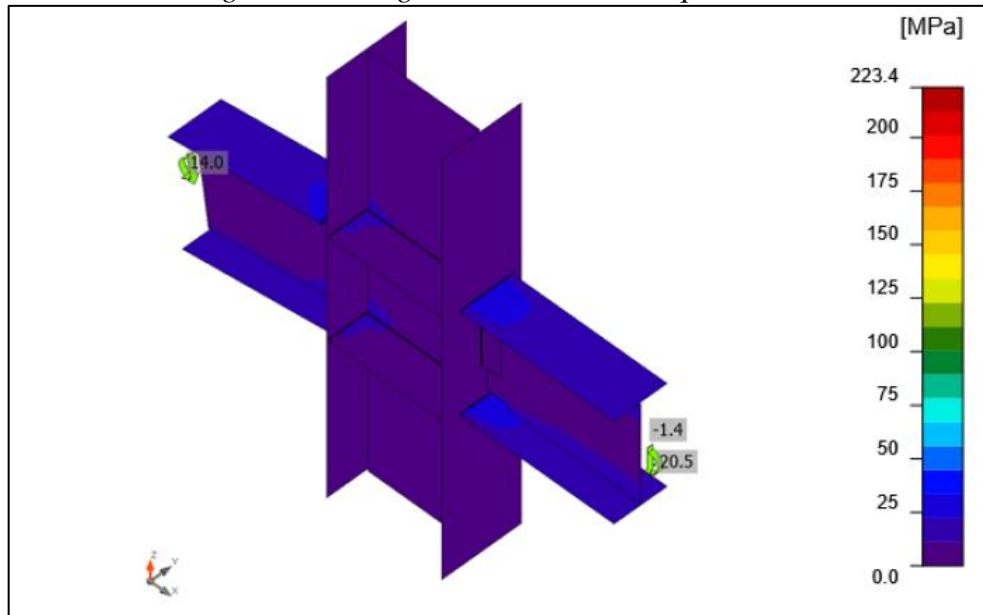
Fuente: Elaboración autónoma

Datos:

- ϵ_{PI} = Deformación plástica
- σ_{cEd} = Tensiones de Contacto
- σ_{Ed} = Ec. Tensión
- f_y = Límite elástico
- ϵ_{lim} = Límite de la deformación plástica

La conexión RBS hace que los elementos de las vigas lleguen con una tensión de 101.40 MPa ante las cargas que reciben las vigas, las columnas no sufren tensiones que sean de valores. Cabe indicar que el límite elástico máximo de la materialidad del acero A36 es de 248.20 MPa. Con lo cual no llega a tener fallas.

Figura 18 - Diagrama de la tensión equivalente



Fuente: Elaboración autónoma

De acuerdo con el diagrama de tensión equivalente se puede observar que los esfuerzos máximos se encuentran en las alas de las vigas con un comportamiento de 147.20 MPa y 122.50 MPa.

Tabla 31 - Análisis del comportamiento de los tornillos

Forma	Ítem	Calidad	Cargas	F_t [kN]	V [kN]	$\phi R_{n,portante}$ [kN]	U_{t_t} [%]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Estado
	B1	5/8 A325 - 1	LE1	0.0	0.4	57.2	0.0	0.7	-	OK
	B2	5/8 A325 - 1	LE1	0.1	0.5	57.2	0.1	0.9	-	OK
	B3	5/8 A325 - 1	LE1	0.0	0.4	57.2	0.0	0.8	-	OK
	B4	5/8 A325 - 1	LE1	0.0	0.2	57.2	0.0	0.4	-	OK
	B5	5/8 A325 - 1	LE1	0.1	0.4	53.2	0.1	0.8	-	OK
	B6	5/8 A325 - 1	LE1	0.0	0.3	57.2	0.0	0.6	-	OK

Fuente: Elaboración autónoma

Donde

- F_{nt} = Resistencia a tracción nominal de AISC 360-16 Tabla J3.2
- A_b = Área bruta del tornillo
- ϕ = Factor de resistencia para aplastamiento en agujeros para tornillos

- F_{nv} = Resistencia a tensiones tangenciales de AISC 360-16 Tabla J3.2
- l_c = Distancia libre, en la dirección de la fuerza, entre el borde del agujero y el borde del agujero adyacente o borde del material
- t = Espesor de la placa
- d = Diámetro del tornillo
- F_u = Resistencia a tracción del material conectado

Tabla 32 - Secciones de soldadura

Ítem	Borde	Xu	T _h [mm]	L _s [mm]	L [mm]	L _c [mm]	Cargas	F _n [kN]	ΦR _n [kN]	Ut [%]	Estado
Columna-bfl 1	FP3	E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	159	10	LE1	0.2	8.9	2.7	OK
		E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	159	10	LE1	0.2	8.9	2.2	OK
Columna-bfl 1	STIFF2a	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	2.0	55.4	3.6	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	2.0	55.3	3.7	OK
Columna-w 1	STIFF2a	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	2.3	40.3	5.6	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	2.3	40.5	5.7	OK
Columna-tfl 1	STIFF2a	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	3.4	54.8	6.2	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	3.5	55.1	6.4	OK
Columna-bfl 1	STIFF2b	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	2.0	55.3	3.7	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	2.0	55.4	3.6	OK
Columna-w 1	STIFF2b	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	2.3	40.5	5.7	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	2.3	40.3	5.6	OK
Columna-tfl 1	STIFF2b	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	3.5	55.0	6.4	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	3.4	54.8	6.2	OK
Columna-bfl 1	STIFF2c	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	1.6	55.0	2.9	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	2.4	55.5	4.3	OK
Columna-w 1	STIFF2c	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	2.3	40.6	5.7	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	2.3	40.3	5.6	OK
Columna-tfl 1	STIFF2c	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	3.5	55.0	6.4	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	3.4	54.8	6.2	OK
Columna-bfl 1	STIFF2d	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	2.4	55.5	4.3	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	1.6	55.0	2.9	OK
Columna-w 1	STIFF2d	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	2.3	40.3	5.6	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	419	52	LE1	2.3	40.6	5.7	OK
Columna-tfl 1	STIFF2d	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	3.4	54.8	6.2	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	145	48	LE1	3.5	55.0	6.4	OK
Columna-tfl 1	B1-bfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	6.8	57.5	11.8	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	6.9	57.5	11.9	OK
Columna-tfl 1	B1-tfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	6.8	57.5	11.9	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	6.8	57.5	11.8	OK
Columna-tfl 1	FP4	E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	161	10	LE1	0.3	8.8	3.3	OK
		E70xx	▲2.8▲	▲4.0▲	161	10	LE1	0.2	8.7	2.8	OK
Columna-bfl 1	B2-bfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	2.7	57.5	4.7	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	7.9	57.5	13.8	OK
Columna-bfl 1	B2-tfl 1	E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	2.7	57.5	4.7	OK
		E70xx	▲3.5▲	▲5.0▲	200	50	LE1	7.8	57.5	13.6	OK

Fuente: Elaboración autónoma

Datos:

- T_h = Espesor de garganta de soldadura
- L_s = Tamaño de la soldadura
- L = Longitud de la soldadura
- L_c = Longitud del elemento crítico de la soldadura

- F_n = Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
- ϕR_n = Resistencia de la soldadura
- Ut = Utilización

El tipo de soldadura a ocupar en este tipo unión se optó por tipo ángulo, con relación a unir las caras de alas de columna con las alas, alma de las vigas y placas.

4.4.2.3. Conexión BFP

Este tipo de unión no se puede analizar debido que tiene una inclinación, la cual sirve para el acceso a la rampa vehicular este tipo de conexiones no es factible estudiar debido que las placas conectadas no están conectadas de forma perpendiculares.

Cabe indicar que en el código AISC 360-16 Tabla J3.2, establece que este tipo no permite cálculo de los esfuerzos tangenciales para las placas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En el edificio de parqueadero en la ciudad de Ambato se encuentra ejecutado con columnas tipo cajón las mismas que fueron conformadas por soldadura, sin embargo para el diseño de conexiones RBS y BFP se realizará sus conexiones por las alas y el alma de la columna, este tipo conexiones son a momento.
- De acuerdo a las conexiones por soldadura y BFP, en referencia a los diagramas de tensiones de deformaciones los elementos que son más afectados son las alas de las columnas, sin embargo el valor máximo de la tensión para conexiones por soldadura llega hasta 197.20 MPa y para conexiones por BFP tiene un valor de 221.00 MPa , notando claramente que ninguno supera el valor máximo del límite de fluencia que es de 248.20 MPa . Las conexiones RBS no tienden a tener valores considerables en deformaciones.
- Como análisis económico comparativo entre juntas por soldadura, RBS y BFP. Se establece una estimación de costo en materiales para la ejecución de cada unión de la siguiente manera para: unión soldada de \$12.00, conexión RBS \$108.00 y conexión BFP \$243.24.
- Una vez propuesto las conexiones por soldadura, conexiones RBS y conexiones BFP, tanto para las uniones en el área de acceso vehicular y entre piso de la edificación, existe una excepción debido que al tener en la rampa de paso vehicular una inclinación de 8% en la pendiente no permite diseñar conexiones por BFP debido que las placas conectadas no son perpendiculares, no cumpliendo tampoco con la norma AISC 360.
- A partir del trabajo realizado se puede desarrollar varias búsquedas de información y realizar un análisis comparativo entre varios tipos de conexiones, tanto con conexiones a especiales a momento y a corte, con la finalidad de obtener resultados representativos que aporten a la comunidad científica.

5.2.Recomendaciones

- Para el correcto uso de un software de análisis de uniones por soldadura, RBS y BFP, se requiere tener un conocimiento básico en el diseño de estructuras para proceder a ingresar los valores correctos y obtener respuestas confiables.
- Como línea de investigación, se recomienda seguir analizando otro tipo estructuras que sirvan para determinar cuál sería su comportamiento para el análisis de las conexiones prefabricadas.
- Es necesario realizar un análisis estructural previo para evitar realizar un sobredimensionamiento de los elementos.
- Previo a la selección del tipo de unión se va a ocupar estará relacionado al presupuesto asignado o establecido para la ejecución de un proyecto.

5.3.Bibliografía

Aguiar, R., Vielma, J., & Mora, D. (2017). Diseño y análisis de vigas de acero con sección tipo “i”. *Revista CIENCIA*, 19(2), 285-307. Obtenido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/ciencia/article/view/536/449>

Arroba, C., Córdova, M., Santiana, C., & Carrera, G. (2019). Simulación de vuelco con ansys y ls-dyna de una superestructura de un autobús y su incidencia en el área de supervivencia. *Ciencia Digital*, 3(4), 43-57. Obtenido de <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/1011>

Arroba, C., Vaca, W., Peña, F., & Núñez, D. (2017). Influencia de los parámetros del proceso de soldadura por fricción-agitación (FSW) en las propiedades mecánicas en la junta de aluminio 6061. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*(18), 47-53. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/ing/n18/1390-650X-ing-18-00047.pdf>

- Batista, Y., Fernández, T., Rodríguez, I., & Leyva, S. (2018). Transformaciones microestructurales en uniones soldadas de fundición nodular obtenidas por soldadura manual con electrodos austeníticos. *Minería y Geología*, 34(4), 470-484. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122018000400007&lang=es
- Camarena, A., & Díaz, D. (2022). Comparative analysis of the strength to compression, flexure and workability of traditional concrete versus a concrete using steel slag as fine aggregate. *Gaceta Tecnica*, 23(1), 20-34. Obtenido de <https://revistas.uclave.org/index.php/gt/article/view/3714/2393>
- Castro, G., & Sarmiento, F. (2020). Calculation and design of a railway bridge section of metallic structure in el Vigía, Mérida State. *Revista Gaceta Tecnica*, 21(1), 3-26. Obtenido de <https://revistas.uclave.org/index.php/gt/article/view/2481/1461>
- Contreras, E., Zambrano, D., & Vaca, Y. (2018). Análisis de mudas en el sector metalmecánico de Boyacá-Colombia. *Revista Espacios*, 39(16), 30-43. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n16/a18v39n16p30.pdf>
- Domínguez, M., Fueyo, J., Henares, J., & Cabezas, J. (2017). Procedimientos de Ensayo para Conexiones tipo Clavija en Estructuras de Madera. *Información tecnológica*, 25(3), 155-166. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v25n3/art18.pdf>
- Dourado, M., & Meireles, J. (2016). Obtenção de um modelo de elementos finitos simplificado para representação de juntas rebitadas em análise dinâmica de estruturas usando uma ferramenta de updating. *Revista Internacional de Métodos*

Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 32(3), 173-180. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213131515000322>

Fernandez, S., Campo, E., & Palacio, D. (2020). Aplicación de DEA en el análisis de la eficiencia del proceso de fabricación de puertas de una empresa metalmeccánica en Colombia. *Revista Espacios*, 41(7), 1-12. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a20v41n07/a20v41n07p01.pdf>

Gao, P., Du, T., Zhang, J., Feng, P., & Yu, D. (2021). Fatigue behavior of low alloy structural steel single-lap bolt-welded joint. *Structures*, 29, 1988-1997. doi:doi:10.1016/j.istruc.2020.12.075.

Giordano, V., Leme, A., Dias, W., Esteves, R., Labronicie, P., & Koch, H. (2018). Observe a distância entre a linha de fratura e o comprimento da área de trabalho: análise bidimensional de elementos finitos em modelo de fixação extramedular. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 53(1), 88-93. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0102361616301916>

González, M., Pertuz, M., Álvarez, A., & Arenas, L. (2018). Análisis de fatiga de juntas soldadas de acero al carbono utilizado en recipientes a presión. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 12(49), 1-10. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212008000400010&lang=es

Heng, P., Lepourry, C., Somja, H., & Palas, F. (2020). Behaviour of a joint between a U-shaped steel-concrete beam and a concrete-filled steel tubular column. *J. Constr.*

Steel Res, 175. Obtenido de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143974X20308749>

Kagermanov, A. (2019). Análisis por elementos finitos de la rotura por cortante en vigas de hormigón armado y pretensado. *Hormigón y Acero*. Obtenido de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0439568918300718>

Larrainzar, R., Caeiro, J., Marco, M., Ginere, M., & Miguélez, M. (2019). Validación experimental de un modelo de análisis de elementos finitos en fractura. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 63(2), 146-154. Obtenido de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1888441518300894>

Liu, J., Ouyang, H., Feng, Z., Cai, Z., & Mo, J. (2019). Tribology International Dynamic behaviour of a bolted joint subjected to torsional excitation. *Tribology Int*, 140. Obtenido de
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301679X19303846>

López, N., Pérez, G., Castro, C., Vielma, J., López, L., & Alviar, J. (2021). A Structural Design Comparison Between Two Reinforced Concrete Regular 6-Level Buildings using Soil-Structure Interaction in Linear Range. *Ingeniería e Investigación*, 4(1), 1-10. Obtenido de
<http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v42n1/0120-5609-iei-42-01-e101.pdf>

López, N., Ugel, R., & Reyes, H. (2019). Analysis of a joint base plate between concrete column-steel columns in the non-linear range. *Gaceta Técnica*, 20(1), 7-22. Obtenido de <https://revistas.uclave.org/index.php/gt/article/view/2076/1144>

Marconi, C., Castillo, M. B., & Ramini, M. (2016). Influencia del Calor Aportado y Metal de Aporte Sobre las Propiedades Mecánicas y la Microestructura de Juntas Soldadas por FCAW de Acero Microaleado de Alta Resistencia. *Soldagem & Inspeção*, 20(2), 148-159. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/si/a/XRCvCvKT4JvBTGrpJ84hZtQ/?format=pdf&lang=es>

Mohammed, E. (2020). Behaviour of stainless steel beam-to-column bolted connections—Part 1: Simplified FE model. *Journal of Constructional Steel Research*(164), 105-117. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143974X19308521>

Páez, C., & Guerrero, D. (2021). Cubiertas autoportantes circulares aplicando el método de elementos finitos. *Revista Gaceta Técnica*, 23(1), 72-91. Obtenido de <https://revistas.uclave.org/index.php/gt/article/view/3720/2406>

Pannillo, G., Chacón, M., & Riera, H. (2018). DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DE CONEXIONES SISMORRESISTENTES TIPO BFP Y RBS CONFORME A LA NORMATIVA ANSI/AISC 358-16. *Revista Gaceta Técnica*, 19(2), 51-68. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/326291122_DESARROLLO_Y_PROGRAMACION_DE_CONEXIONES_SISMORRESISTENTES_TIPO_BFP_Y_RBS_CONFORME_A_LA_NORMATIVA_ANSIAISC_358-16_DEVELOPMENT_AND_PROGRAMMING_OF_SISMIC_RESISTANT_TYPER_BFP_AND_RBS_CONNECTIONS_ACCORDING?cha

- Ramirez, C., Pérez, T., Salgado, M., Martinez, M., & Pérez, T. (2020). Comportamiento electroquímico de uniones disimiles soldadas entre acero ASTM A615 y AISI 304 utilizando enmantequillado con Inconel 182 y sin enmantequillado. *Revista ALCONPAT*, 9(2), 167-184. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/ralconpat/v9n2/2007-6835-ralconpat-9-02-167.pdf>
- Ramírez, J., Terán, J., Barba, A., Carrera, J., & Gonzále, R. (2018). Propagación de grietas por fatiga de acero al carbono con y sin soldadura mig. *Ingeniería Mecánica*, 21(3), 167-172. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v21n3/1815-5944-im-21-03-167.pdf>
- Rojas, M., Calderon, L., Pertuz, A., & Bohorquez, O. (2022). Efecto de la velocidad de avance en procesos de soldadura por arco eléctrico usando el método de elementos finitos. *Ciencia en Desarrollo*, 12(2), 62-77. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v12n2/0121-7488-cide-12-02-67.pdf>
- Sabando, K., Soza, P., Tejena, C., & Torres, J. (2019). Analisis y diseño de estructuras de acero modulares para centros comerciales. *Ciencia Digital*, 16-34. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/337757333_ANALISIS_Y_DISENO_DE_ESTRUCTURAS_DE_ACERO_MODULARES_PARA_CENTROS_COMERCIALES
- Sánchez, O., Delgado, M., Reyes, L., Suárez, M., & Chávez, J. (2021). Diseño y Construcción de una Máquina de Soldadura de Fricción por Aglomeración. *Soldag*, 26(2607), 1-11. Obtenido de

<https://www.scielo.br/j/si/a/TkZvNVVGnJq6qYC8SqLfGHG/?format=pdf&lang=es>

Seral, B., Pérez, M., Seral, F., García, J., Aznar, & Doblaré, M. (2016). Modelo de interfaz cemento-vástago en artroplastias totales de cadera. Estudio de la superficie con elementos finitos. *Revista de Ortopedia y Traumatología*, 50(2), 137-143.

Obtenido de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S048259850674946X>

Wang, J., Uy, B., Thai, H., & Li, D. (2018). “Behaviour and design of demountable beam-tocolumn composite bolted joints with extended end-plates. *J. Constr. Steel Res*, 144, 221-235. doi:doi: 10.1016/j.jcsr.2018.02.002