



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
COLEGIO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**“ Recursos Educativos Abiertos en la
enseñanza de la Ingeniería”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
**LICENCIATURA EN INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

PRESENTA:

Guadalupe Jiménez Roano

ASESOR:

Dr. Filiberto Candia García

COASESOR:

Roberto Carlos Ambrosio Lázaro

Alejandro Bautista Hernández

PUEBLA, PUE.

OCTUBRE 2023



BUAP

Oficio No. SAC/1915/2023

**C. Guadalupe Jiménez Roano -201862345-
Pasante de la Licenciatura en Ingeniería
de Mecánica y Eléctrica
P r e s e n t e.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

“RECURSOS EDUCATIVOS ABIERTOS EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA”.

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como Asesora de tema al Dr. Filiberto Candia García y como Co Asesores al Mtro. Carlos Roberto Ibáñez Juárez y al Dr. Alejandro Bautista Hernández.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z. a 12 de octubre de 2023

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director



M'ACGZ/barv
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo

Facultad
de Ingeniería

Bld. Valsequillo y Av. San Claudio
s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P r e s e n t e.

El que suscribe: Dr. Filiberto Candia García, asesor del tema de tesis:

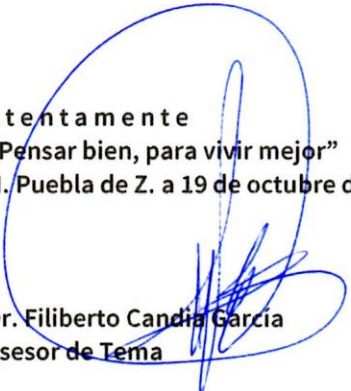
“RECURSOS EDUCATIVOS ABIERTOS EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA”.

Presentada por la C. Guadalupe Jiménez Roano, pasante del Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y en atención al oficio No. SAC/1915/2023 con fecha de emisión 12 de octubre de 2023, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

A t e n t a m e n t e
“Pensar bien, para vivir mejor”
H. Puebla de Z. a 19 de octubre de 2023

Dr. Filiberto Candia García
Asesor de Tema



D'FCG/barv
C.c.p. Archivo

A mi madre Inés, por creer en mí e impulsarme a seguir mis sueños con su apoyo incondicional. A mi padre por el apoyo para cumplir mis metas. A mi hermana por acompañarme y cuidarme siempre. A mis hermanos por la motivación, consejos y lecciones. Agradezco profundamente a mi familia por siempre estar para mí. Agradezco a C.C.R., por impactar en mi vida, inspirarme y sacar lo mejor de mí, “el agradecimiento es la memoria del corazón”, y yo siempre te voy a llevar en el mío. Siempre escuché que lo correcto era hacer las cosas por y para uno mismo, pero yo creo que hacemos las cosas por las personas que amamos, eso nos motiva e impulsa a seguir mejorando y nos hace ser quienes somos.

Con amor, Luu.

Contenido

Resumen.....	9
Introducción	10
Capítulo I.- Protocolo de Investigación	12
Antecedentes	12
Problemática.....	13
Objetivos	14
Capítulo II.- Marco de Referencia	17
Marco Conceptual	17
Marco Teórico.....	20
Capítulo III.- Marco Metodológico	23
Método	23
Técnicas e Instrumentos	26
Criterios e indicadores.....	26
Capítulo IV.- Desarrollo.....	27
Resultados y discusiones.....	31
Conclusiones/recomendaciones/propuesta	43
Oportunidades de mejora REA 1 vs REA 2.....	43
Discusión.....	46
Conclusiones	48
Bibliografía	49
ANEXO.....	50
Anexo 1- REA caso conexión	50
Antecedentes	51
CAD de los elementos estructurales.....	59
Planos.....	61
Propiedades mecánicas.....	67
Propiedades mecánicas	67
Diagrama Esfuerzo-Deformación.....	68
Esfuerzo-Deformación	68
Módulo de Poisson	70
Módulo de Poisson.....	70
Actividad	71

Teoría de diseño.....	72
ASD	73
LRFD	74
Ajustes y tolerancias.....	76
Ajustes y tolerancias.....	76
Ajustes	77
GD&T	78
Actividad	80
Selección de elementos estructurales (barras, vigas, marcos,placas)	81
Elementos estructurales	81
Caso "Conexión"	83
Conexión de Nave Estructural.....	83
Placas	84
Placas.....	84
Ángulo (LI).....	85
Ángulo.....	85
Perfil IR	86
Perfil IR.....	86
Apoyos o restricciones	88
Apoyos	88
Empotrado	89
Empotrado	89
Articulación.....	90
Articulación.....	90
Patín	91
Patín	91
Actividad	92
Condiciones Frontera.....	93
Condiciones fronteras.....	93
Cargas	94
Puntual	95
Puntual	95
Distribuida.....	97

Distribuida.....	97
Flexión (Momento).....	98
Flexión (Momento)	98
Hidrostática (Presión)	99
Hidrostática (Presión).....	99
Actividad	100
Simulación Elementos de Unión.....	101
Simulación de elementos	101
Cuerpo sólido.....	102
Simulación ANSYS.....	107
Soldadura	110
Planos.....	117
Planos soldadura	117
Tornillos	119
Planos.....	124
Planos de las perforaciones para tornillo	124
Resultados	126
Bibliografía	127
Encuesta de satisfacción.....	130
Anexo 2- REA caso manufactura de engranes.....	131
Antecedentes	132
CAD de los elementos de máquinas	135
Planos.....	136
Hoja de proceso	137
Actividad	138
Instrucciones	138
Propiedades mecánicas.....	139
Diagrama esfuerzo-deformación.....	141
Actividad	142
Instrucciones	142
Teoría de diseño de engranes rectos.....	143
Analítica	144
Fresado de engranes	147

Herramienta de apoyo CAD	151
GC ToolKit.....	152
Actividad	154
Instrucciones	154
Ajustes y tolerancias.....	155
Ajustes o acoplamientos.....	156
GD&T	157
Manufactura convencional (Engrane recto).....	160
Diagrama de flujo de proceso	161
Equipo Fresa	164
Herramienta Cortador	167
Actividad	168
Instrucciones	168
CAM Engrane recto.....	169
Diagrama de flujo de proceso	170
Equipo Fresa	178
Herramienta Cortador	181
Código G y M.....	182
CAE Engrane recto.....	183
Reporte de la simulación.....	185
Esfuerzos.....	188
Deformaciones	189
Conclusiones	190
Encuesta de Satisfacción.....	191
Bibliografía	192

Resumen

Se presenta una investigación descriptiva que caracteriza la percepción de los estudiantes ante el uso de Recursos Educativos Abiertos (REA), como medios didácticos y alternativas de estudio en la modalidad educativa a distancia de manera asíncrona. Siendo el objetivo mejorar la organización y uso de herramientas tecnológicas de los REA mediante el análisis de la opinión de los estudiantes. La descripción se realiza de manera cualitativa como estudio de caso, que analiza la información recabada mediante una encuesta aplicada a 30 estudiantes de nivel superior en ingeniería, a los cuales se les ha solicitado la revisión de dos REA. Como resultado del análisis se han identificado las preferencias de los estudiantes ante los criterios: Autonomía, enseñanza-aprendizaje, factores de transición modalidad presencial a distancia y la satisfacción del contenido. Concluyendo que los estudiantes consideran a un REA como excelente cuando se incorporan de manera híbrida estrategias educativas de la presencialidad como el acompañamiento *face to face*.

Introducción

En las Instituciones de Educación Superior (IES) ante la agresiva transición de la educación en modalidad presencial a una educación en modalidad a distancia on-line, que fue obligada por la pandemia COVID-19 y actualmente al permanente uso de los recursos digitales-virtuales para mantener una modalidad blended-learning (figura 1), como estrategia emergente por el retorno escalonado y como oportunidad de una ampliación masiva de la matrícula escolar. Es requerido establecer un seguimiento de la calidad de los contenidos e información académica, con la cual los estudiantes realizan su formación profesional, este seguimiento académico exige el uso de medios didácticos estratégicos que acerquen a los estudiantes a los contextos ocupacionales/laborales desde condiciones de confinamiento o también llamadas condiciones home-office.

Figura 1. Modalidad blended-learning



Fuente: <https://www.esmadeco.com/blended-learning/>

Esta realidad ha conducido a que instituciones internacionales como la UNESCO emitan recomendaciones y promuevan el uso de los Recursos Educativos Abiertos (REA) como una nueva política educativa vinculada con la innovación de contenidos educativos de acceso abierto, orientados por los principios de apertura, intercambio y colaboración local y global para la mejora educativa en la modalidad virtual y semi presencial (Torres, 2021).

En este trabajo se considera que los REA complementan a los contenidos académicos de los programas de asignatura de los planes y programas de estudio de las IES.

Al ser un material didáctico complementario, permite a los estudiantes enriquecer su formación profesional con otras actividades y recursos de tipo ocupacional/laboral, que al encontrarse disponibles por tiempo indefinido y en formato veinticuatro horas, los siete días de la semana (24/7) para su consulta, fortalecen la dinámica individual del autoaprendizaje organizando sus tiempos de estudio.

En la creación, desarrollo y comunicación de un REA, la actualización y capacitación docente es primordial para mejorar en los procesos y contenidos académicos (Casillas, 2020), sin embargo, también es importante considerar la percepción y opinión de los alumnos para organizar de manera pertinente el material educativo que se proporciona, y de esta manera, mejorar el proceso de aprendizaje manteniendo una alta calidad educativa.

El aporte de esta investigación es identificar la percepción de los estudiantes de ingeniería de una IES pública hacia los REA como recursos didácticos que proporcionan material complementario para su consulta y estudio de manera asíncrono en la modalidad a distancia on-line. Para conocer la opinión de los estudiantes mediante una encuesta de opinión se diseñaron dos REA con la finalidad de comparar, la primera aproximación de los alumnos ante un primer REA y la satisfacción de mejora de un segundo REA que incluye las recomendaciones realizadas por los estudiantes sobre el primer REA consultado.

La información que se presentó para recoger la percepción de los estudiantes se organizó, diseño y dosifico en el software libre eXeLearning que es una herramienta de código abierto para la creación de REA, que se utiliza en varios entornos educativos. Se ha considerado que los REA presentados en formato de página HTML son un recurso didáctico estratégico de alto impacto que emplea las TIC's para su consulta y operatividad. Los REA proveen una valiosa oportunidad para mostrar una amplia diversidad de recursos educativos como multimedia, tutoriales, links, recursos lúdicos, entre otros.

Capítulo I.- Protocolo de Investigación

Antecedentes

Durante el regreso a la presencialidad posterior al confinamiento por pandemia COVID-19, la eficiencia de las sesiones presenciales de clase ha sido parcial debido a la variación de adaptabilidad de la academia (docentes y alumnos) a las nuevas condiciones estratégicas de Blended-Learning. Esto se debe a que los modelos educativos de las macro IES públicas no han cambiado y hasta el momento la administración gestora implementa de manera emergente e institucionalizada la práctica y las recomendaciones de modelos educativos semipresenciales, sin estructura e infraestructura pertinentes, que incluyen la aplicación y uso de estrategias didácticas tradicionales (materiales, equipos, tecnologías, metodología, entre otras).

Ante este escenario se justifica tomar en consideración el concepto y método de los REA como estrategia de enseñanza-aprendizaje. Sobre todo, porque este trabajo considera que el uso de los REA promueve la autonomía, el autoaprendizaje a partir de la documentación de conceptos aplicados, procesos instruccionales, técnicas simulación/dramatización que proviene del contexto ocupacional/laboral.

Una cualidad de los REA es su característica de colaboración abierta que aprovecha los movimientos de software libre y de código abierto, mediante una licencia Creative Commons por ejemplo en temas de contenidos educativos que se reutilizan y adaptan (Abadal, 2022).

En diversos trabajos relacionados con el uso de los Recursos Educativos Abiertos como complemento y mejora para la educación superior se encuentra que Martínez (2017) caracterizó la apropiación de los REA diseñados por docentes, con énfasis en la forma en que se determinan las prácticas educativas y como describen las transformaciones pedagógicas. Asimismo, Vásquez (2020), encontró que los REA fomentan en los estudiantes el conocimiento centrado en sus necesidades específicas y focalizado desde múltiples áreas de conocimiento convirtiéndolo en multidisciplinario. Otros autores como Abadal (2022), presentó los antecedentes, la estructura y las características de los REA en el contexto de la educación abierta y de la ciencia abierta. Por su parte Casillas (2020) reportó mediante un estudio de caso la estrategia de intervención educativa por medio de REA como herramienta

didáctica para favorecer la enseñanza aprendizaje y la disposición del alumno a la materia. En un contexto formal Torres (2021) identificó el estado actual de las políticas educativas en IES públicas y los REA mediante la percepción de investigadores y docentes y finalmente Butcher (2015) desarrolló una guía para establecer por medio de una introducción rápida y fácil el uso de los REA, que integra desde fundamentos de la causa, hasta información detallada sobre áreas específicas relevantes para los REA. Incluso en congresos como el realizado por UNESCO (2017) se examinaron las soluciones a los desafíos para incorporar los REA en los sistemas educativos con la finalidad de encontrar las mejores prácticas, iniciativas y recomendaciones para el uso de los REA.

Los diversos enfoques que han tenido estos trabajos son referentes al uso e inclusión de los REA por parte de los docentes, por ello, esta investigación presenta la perspectiva desde el alumno, para comprender qué es lo que necesitan para un mejor aprendizaje y por consecuente una mejora educativa.

Problemática

Un bajo rendimiento académico de los estudiantes en el retorno a la presencialidad de las actividades académicas es un indicador asociado a las repercusiones negativas que la pandemia COVID-19 causó en los sistemas educativos. Esta deficiencia se vincula de manera estrecha a una interrupción abrupta a la forma en que funcionan diversos sectores (laboratorios, talleres, conferencias, entre otras) en el área educativa presencial, ya que sufrieron un abrupto cambio repentino (sin disponibilidad de: recursos, capacitación, tiempo), teniendo que transitar a la modalidad virtual a distancia (Abadal, 2022).

Actualmente, la adaptación de la educación superior a la nueva normalidad enfrenta el reto de manejar y adaptar la semi presencialidad de forma permanente. Por lo que los REA se presentan como una alternativa para afrontar el nuevo: modelo, sistema y modalidad de enseñanza, que se requiere implementar para impartir una educación de calidad, que afronte y supere las condiciones negativas de la modalidad a distancia on-line.

Al reflexionar sobre la problemática y las condiciones negativas, se ha encontrado que es necesario presentar textos especializados, que van más allá de la exposición de la información de un libro de texto. Los nuevos materiales exigen que se expanda la visión del alumno hacia

las actividades ocupacionales, aportando elementos instruccionales a su formación por medio de casos de estudio aplicados, que fortalezcan la capacidad para que el alumno aprenda a: identificar, relacionar y aplicar las herramientas propias de su profesión.

Aun cuando los libros de texto y los manuales se consideran como los recursos que presentan información descriptiva y explicativa, para la enseñanza procedimental e instruccional se requiere materiales didácticos con rasgos: léxicos, morfosintácticos y argumentativos, que ofrecen los artículos científicos o los manuales de operación/fabricación.

Integrar los REA a las prácticas educativas y mejorar la calidad de la enseñanza, requiere de una apropiación pedagógica alta y especializada por parte del docente por ello su uso y empleo no ha sido masificado (Martínez, 2017). Asimismo, su uso debe diferenciar de manera clara y simple sus características y cualidades en comparativa con otros recursos electrónicos on-line, como los Blog o las Wiki.

En este trabajo se considera que para destacar las cualidades y sus características de un REA efectivo y preciso, requiere de una retroalimentación del usuario final, por ello es idónea y oportuna la propuesta de estudio de la percepción de los estudiantes ante sobre su experiencia de estudio mediante REA y comprender que elementos ellos consideran atractivos o necesarios para mejorar su educación.

Objetivos

El objetivo con el precedente de los estudios previos se expresa consistente y congruente con el área de conocimiento, ya que plantea cómo mejorar la organización y uso de herramientas tecnológicas de los REA mediante el análisis de la opinión de los estudiantes, ante los REA como una nueva herramienta de enseñanza-aprendizaje, donde los indicadores de la percepción alineados al criterio de satisfacción del estudiante ante los REA se describen como: excelente, bueno, medio, bajo o nulo. Entendiendo por:

- Excelente:

El REA incrementa la capacidad de aprendizaje de los alumnos, permite la adaptación a la modalidad asíncrona, favorece la presentación del contenido académico mediante tutoriales y de las simulaciones como entrega de evidencias de aprendizaje, que proporciona

mediante video conferencias acompañamiento *face to face*, tanto en la modalidad síncrona como asíncrona, que mediante recursos interactivos que ofrecen una ágil e intuitiva navegación y consulta, se presenta material didáctico explicado mediante sesiones grabadas, cuyo contenido académico se adapta a diversas tecnologías de cómputo, multimedia y conectividad (gama baja o gama alta), para reducir el déficit de atención ocasionado por este factor tecnológico.

- Bueno:

El REA permite autonomía a los alumnos por su facilidad de acceso, presentando contenido académico mediante la documentación de conceptos teóricos y aplicados con apoyos técnicos y tecnológicos. Permite a los estudiantes organizar sus tiempos de estudio, con apoyo de vídeos de ejecuciones prácticas y solicitando como entrega de evidencias de aprendizaje trabajos prácticos basados en los videos. Prioriza la atención individualizada inmediata o por cita y agenda. El REA cuenta con una sección para el manejo de la plataforma para que el alumno no tenga dificultades de desconocimiento y no presente problemas en su manejo.

- Medio

El REA permite a los alumnos estudiar en cualquier momento, presentando la información a través de procedimientos gráficos y solicita a los alumnos la entrega de tareas, ejercicios y pruebas como evidencias de aprendizaje. El acompañamiento al estudiante es mediante la atención asíncrona por móvil. Motiva a los estudiantes a través de información de lectura ligera y concreta, permitiendo a los estudiantes manejar la alta carga laboral o escolar dependiendo el caso y estudiar.

- Bajo

El REA no permite al estudiante ser suficientemente autónomo debido a la falta de conceptos teóricos y aplicados. La información se presenta por medio de procedimientos gráficos con fotos y contiene actividades lúdicas, sin embargo, estas no motivan al alumno a la retroalimentación de los desempeños ocupacionales. Se solicitan informes y proyectos como evidencias de aprendizaje, además, la atención es asíncrona por correo en plataforma.

Contiene información no relevante que hace extenso el contenido, por lo que los estudiantes consideran la falta de tiempo como una limitante para su estudio.

- Nulo

El REA no permite la autonomía debido a la falta de información complementaria para el tema. No cuenta con apoyos visuales como procedimientos gráficos, videos o actividades lúdicas. No motiva al alumno y por su extensa información (no necesariamente relevante), limita el tiempo de los estudiantes para sus actividades extra. Cuenta con material textual para el estudio independiente.

Esta claridad del criterio de satisfacción del estudiante y sus indicadores permite establecer como límites de la investigación la semi presencialidad del regreso a clases. Siendo la meta identificar el grado de preferencia de recursos de los REA para el autoaprendizaje de los alumnos en la semi presencialidad. Relacionando como condición de la investigación que, a mayor uso de los REA, mayor adaptación de la academia a la semi presencialidad.

Capítulo II.- Marco de Referencia

Marco Conceptual

Una correcta estructura para secuencias didácticas permite desarrollar recursos educativos funcionales y de calidad, de los cuales destacan los Recursos Educativos Abiertos (REA). Un REA, de acuerdo con Butcher 2015, se define como cualquier recurso educativo disponible para la enseñanza y el aprendizaje sin la necesidad de pagar para acceder al contenido, además, destaca su importancia debido a que pueden ser producidos en cualquier medio (digital o físico) permitiendo que para países en vías de desarrollo los alumnos puedan acceder a la información por medio de recursos impresos. Actualmente, debido a la necesidad de aprender a aplicar nuevos conocimientos que van de la mano con los avances tecnológicos, el generar/crear nuevo material didáctico se presenta como un reto.

El aprendizaje basado en REA permite aplicar el modelo de enseñanza-aprendizaje procesual, alejándose de la noción tradicional donde el profesor expone el tema y comunica el plan de estudios o información de manera presencial-oral. El aprendizaje basado en recursos no es un sinónimo de educación a distancia. Al contrario, el aprendizaje basado en recursos proporciona una base sobre la cual se puede transformar la cultura de la enseñanza a lo largo y ancho de todos los sistemas educativos para capacitarlos a ofrecer una educación de mejor calidad a una cantidad considerablemente mayor de alumnos. Muchos cursos y programas en todos los niveles educativos actualmente incorporan el uso intensivo de recursos diseñados para la instrucción, ya que los educadores han aprendido las limitaciones de las estrategias de transmisión de información a los alumnos basadas en exposiciones orales (Butcher 2015).

Utilizar recursos de licencia abierta permite acceder a la información de manera legal por medio de copias autorizadas e incluso, existen regulaciones que establecen normativas para que los usuarios adapten los recursos. Creative Commons, proporciona licencias de fácil utilización y de esta manera, evitar las restricciones que resultan del derecho de autor. Esto es importante debido a que, para la creación de un REA es necesario realizar un inventario de recursos que validen la viabilidad del desarrollo del tema. Si existe información o recursos insuficientes no se puede llevar a cabo el proceso de creación. Debido a la falta de información en diferentes temas, no por ser inexistente sino de difícil acceso, ya sea por

confidencialidad o por los altos costos es importante desarrollar Recursos Educativos Abiertos que permitan a los estudiantes de nivel superior prepararse para desempeñar actividades laborales. En caso de existir información y recursos económicos suficientes para la creación de REA, se deben seleccionar las actividades formativas de aplicación de acuerdo con el tema a desarrollar y estas deben ser consideradas y especificar los criterios de dominio y sus indicadores. La información se puede encontrar a través de publicaciones de acceso abierto (publicaciones de investigación científica divulgada bajo licencia abierta), diferentes a los REA debido a que estos hacen referencia a materiales de enseñanza-aprendizaje.

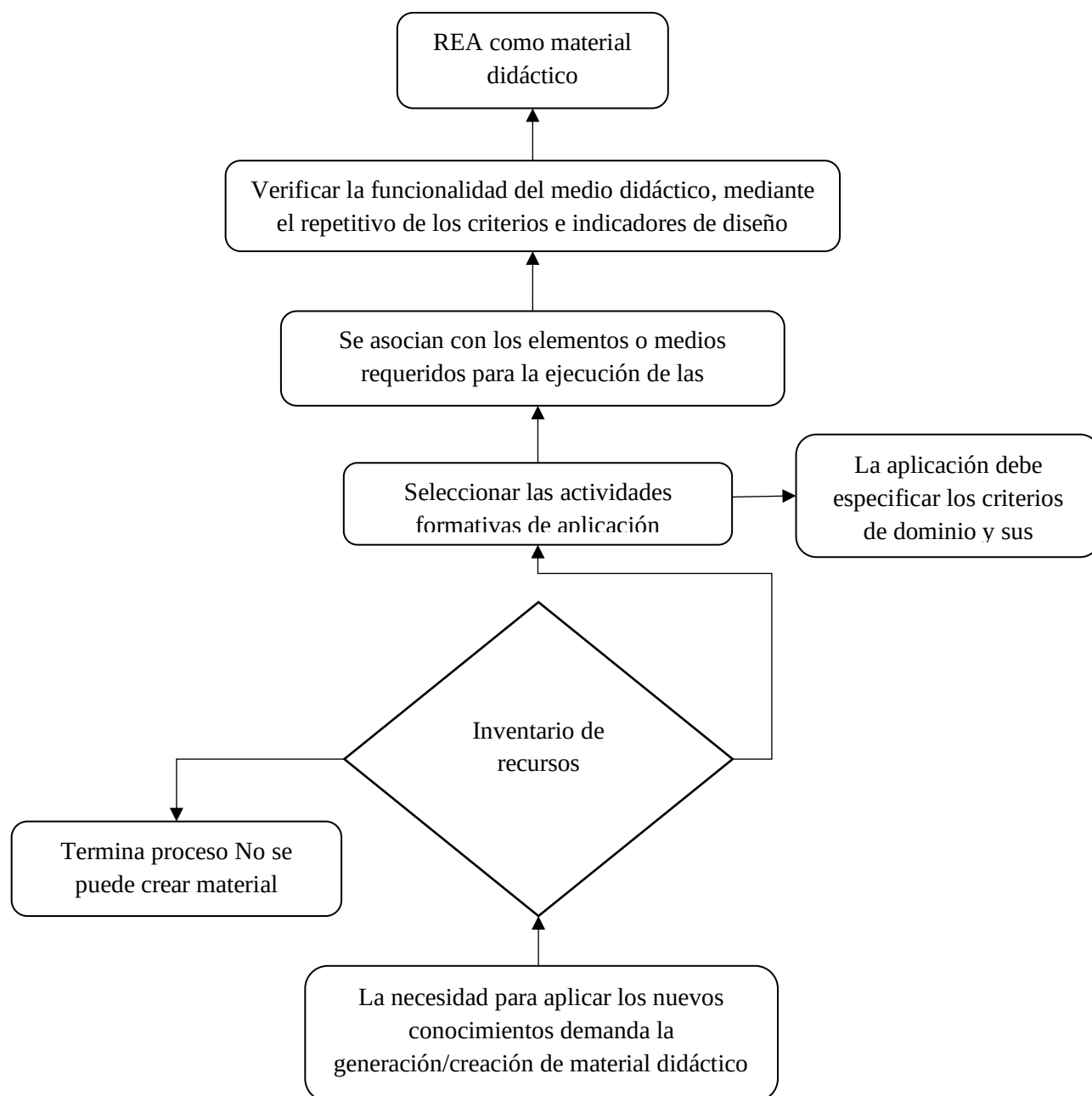
Butcher 2015 expone que el potencial de los REA gira en torno a tres puntos:

1. La disponibilidad de materiales de aprendizaje relevantes y de alta calidad puede contribuir a la preparación de estudiantes y educadores más productivos. Los Recursos Educativos Abiertos (REA) eliminan las restricciones de copia, lo que puede reducir los costos de acceso a los materiales educativos. En muchos casos, el pago de regalías por el uso de libros de texto y otros materiales educativos representa una parte importante del costo total, mientras que el proceso de obtener autorización para el uso de material protegido por derechos de autor puede ser costoso y demorar mucho tiempo.
2. El principio de adaptación de materiales educativos significa que los alumnos pueden participar activamente en su proceso de aprendizaje al hacer y crear, en lugar de solo leer y absorber información. Las licencias de contenido que permiten a los alumnos reutilizar y adaptar los materiales de aprendizaje fomentan su actividad y creatividad, lo que puede ayudar a crear entornos de aprendizaje más efectivos.
3. Los REA pueden ayudar a mejorar la capacitación de instituciones y educadores al proporcionarles acceso a materiales de aprendizaje y herramientas de diseño a un costo bajo o gratuito. Esto les permite desarrollar habilidades en la creación de materiales educativos de alta calidad y en el diseño de programas de aprendizaje efectivos. Creando recursos de calidad sin realizar grandes inversiones de capital.

Por lo tanto, las actividades formativas se deben asociar con los elementos o medios requeridos para la ejecución de actividades. Por ejemplo, para enseñar el método de maquinado de un engrane es necesario conocer tanto teoría como técnica y la maquinaria involucrada en la fabricación, por lo que, el alumno necesita información que muestre el

proceso completo, permitiéndole aprender sin necesidad de contar con su propia maquinaria. Para verificar la funcionalidad del medio didáctico se debe repetir el proceso y validar que se cumplan los criterios e indicadores, esto permitirá evaluar la funcionalidad del REA como material didáctico.

Figura 2.1 Proceso de creación de un material didáctico (REA)



Fuente. Desarrollo propio.

Marco Teórico

En el proceso de elaboración de un REA, se debe dar importancia a la secuencia didáctica, la programación del proceso didáctico y los procesos utilizados en la planificación de la enseñanza. La planificación establece un marco de referencia permanente a partir del cual se elaboran las diferentes programaciones y la programación, de acuerdo con Medina 2009, hace referencia al proyecto educativo didáctico (plan de estudios o programa de asignatura) que es desarrollado por profesores para cada una de las diferentes disciplinas o materias. Para la creación de una secuencia didáctica es necesario determinar el objetivo educacional desde el programa de asignatura. Para realizar la programación, es necesario tener claros los objetivos identificando y estableciendo las tareas del profesor por medio del dominio de criterios de selección y secuenciación de objetivos.

En el proceso de enseñanza-aprendizaje, el modelo procesual se enfoca en el desarrollo de objetivos que sirven como guía en la construcción del pensamiento, dando mayor importancia al proceso que a los resultados. Además, para un proceso didáctico, los objetivos generales se presentan como una definición abstracta y general de los objetivos pedagógicos, los cuales deben orientar el proceso educativo. Medina 2009 explica que, aunque estos últimos siempre están centrados en el alumno como sujeto que aprende, no son directamente observables y medibles. Además del objetivo general y específicos, es necesario tener en cuenta el objetivo operativo, que se deriva a partir de los objetivos específicos y determinan las conductas que el alumno debe adquirir al finalizar el proceso de aprendizaje.

Para crear una secuencia didáctica basada en el modelo procesual se debe determinar el objetivo educacional desde el programa de asignatura, en la búsqueda de innovación en los recursos educativos, surge la propuesta de exponer casos de estudio basados en un contexto ocupacional/laboral. La búsqueda de información debe ---incluir el estado del arte de la aproximación cognitiva e innovaciones en el tema de estudio--- con el fin de permitir al estudiante relacionar, asociar, procesar y aplicar. La principal característica del modelo procesual es que busca adaptar la información al modo de aprendizaje del alumno, con el fin de mejorar la capacidad de pensamiento y raciocinio.

Medina 2009, establece que las actividades del profesor en el proceso de enseñanza aprendizaje son:

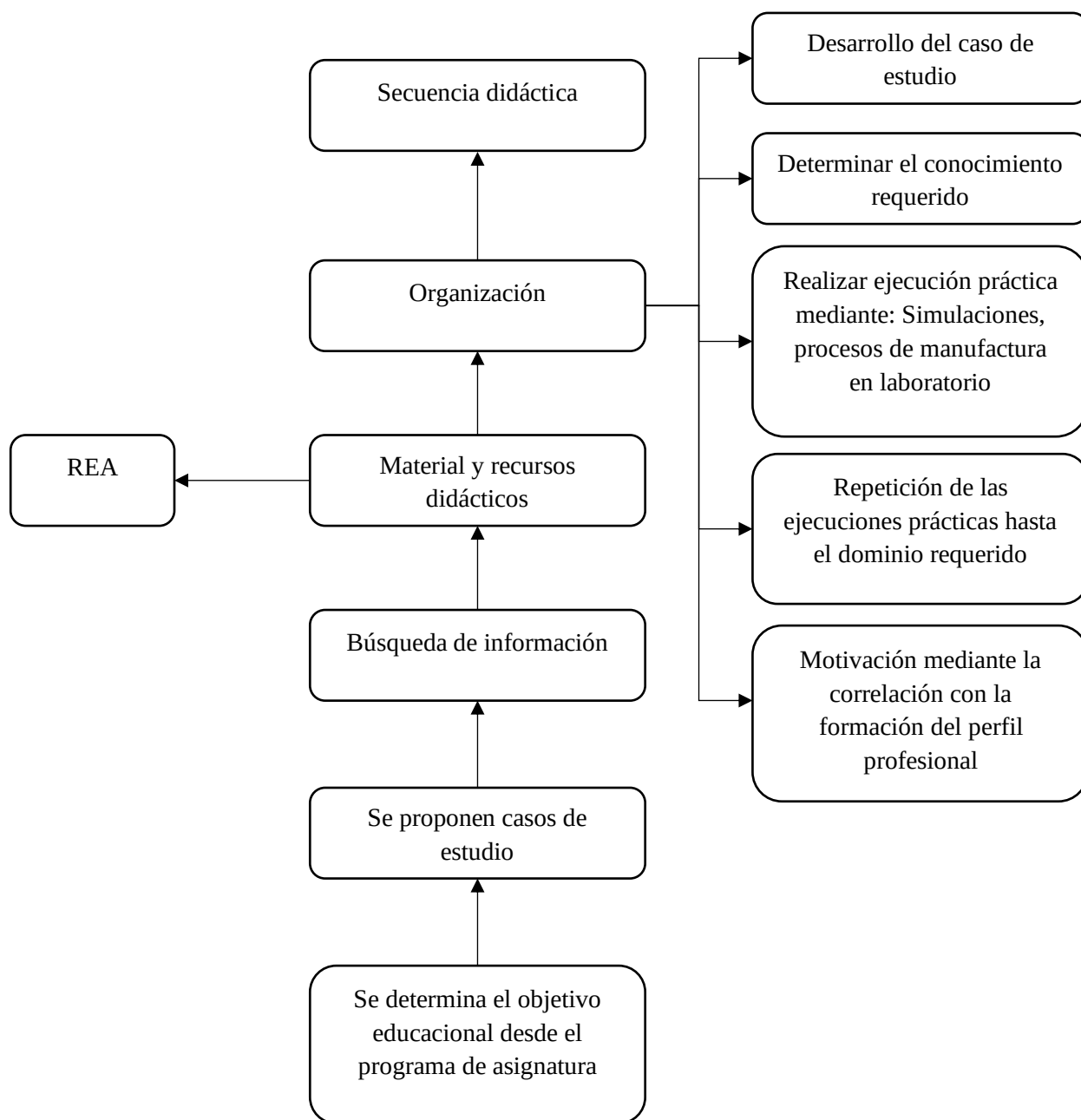
- Selección y adecuación de la información al contexto.
- Organización y secuencia de la información y recursos.
- Vinculación de los objetivos con el material de enseñanza.

La información debe permitir generar material y recursos didácticos, como los REA, y debe ser organizada por:

- Antecedentes del caso de estudio que incluyen la problemática.
- Teoría del tema: Información necesaria que respalde del tema de estudio específico
- Temas transversales: Información general del área de estudio
- Desarrollo del caso de estudio en base a los objetivos operativos, que incluye:
 - Determinar el conocimiento requerido para el desarrollo de habilidades.
 - Ejecuciones prácticas que desarrollen la destreza del alumno en las diferentes actividades necesarias para el dominio de la materia o del tema.
 - Repetición de ejecuciones prácticas hasta el dominio requerido para el desarrollo de aptitudes.
 - Motivación al alumno por medio de la formación en base al perfil profesional.
- Conclusiones
- Retroalimentación: Encuesta de satisfacción para conocer la percepción de los alumnos y garantizar la mejora continua.
- Bibliografía

En el desarrollo de secuencias didácticas que permitan la creación de recursos educativos, se deben establecer los procesos utilizados en la planificación de la enseñanza, en base al modelo procesual se desarrolla el procedimiento de secuencia didáctica (figura 1). La educación ha de ponerse al día y servirse de las enormes ventajas que los sistemas cibernéticos, la inteligencia artificial y los sistemas expertos le pueden proporcionar; puesto que las tecnologías son un bien deseable en la educación (Medina, 2009).

Figura 2.2 Procedimiento de secuencia didáctica basado en el modelo procesual.



Fuente: Desarrollo propio.

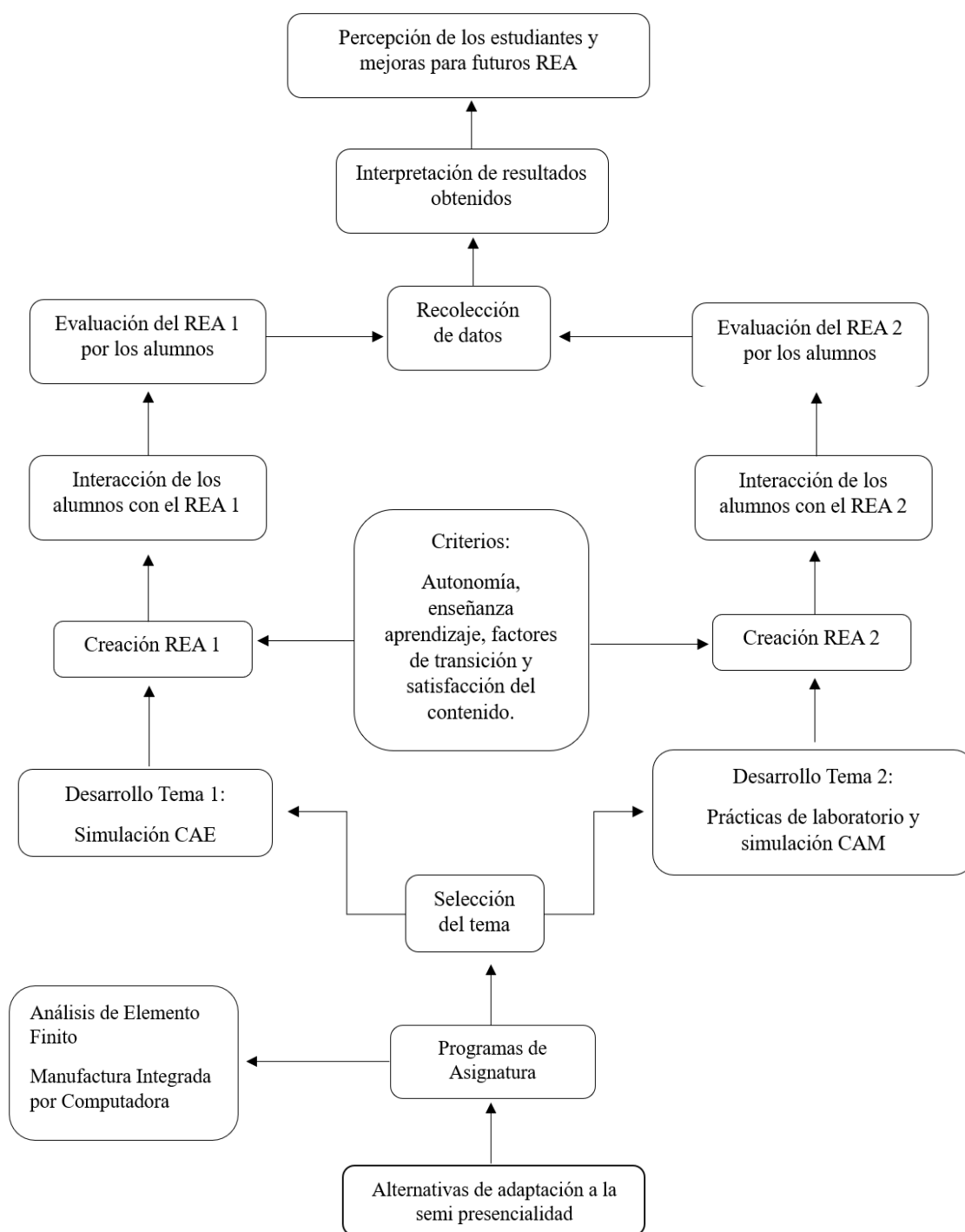
Capítulo III.- Marco Metodológico

Método

La investigación se realiza de manera cualitativa sustentada en el estudio de caso, que se entiende como: la documentación de las experiencias de los individuos o grupos de individuos, ante una situación o un fenómeno específico. Considerando que la percepción de los estudiantes ante el uso de un REA como material didáctico del proceso enseñanza-aprendizaje, corresponde a la experiencia requerida y que permite proporcionar una retroalimentación de mejora continua y permanente, por la propia condición y concepto del REA.

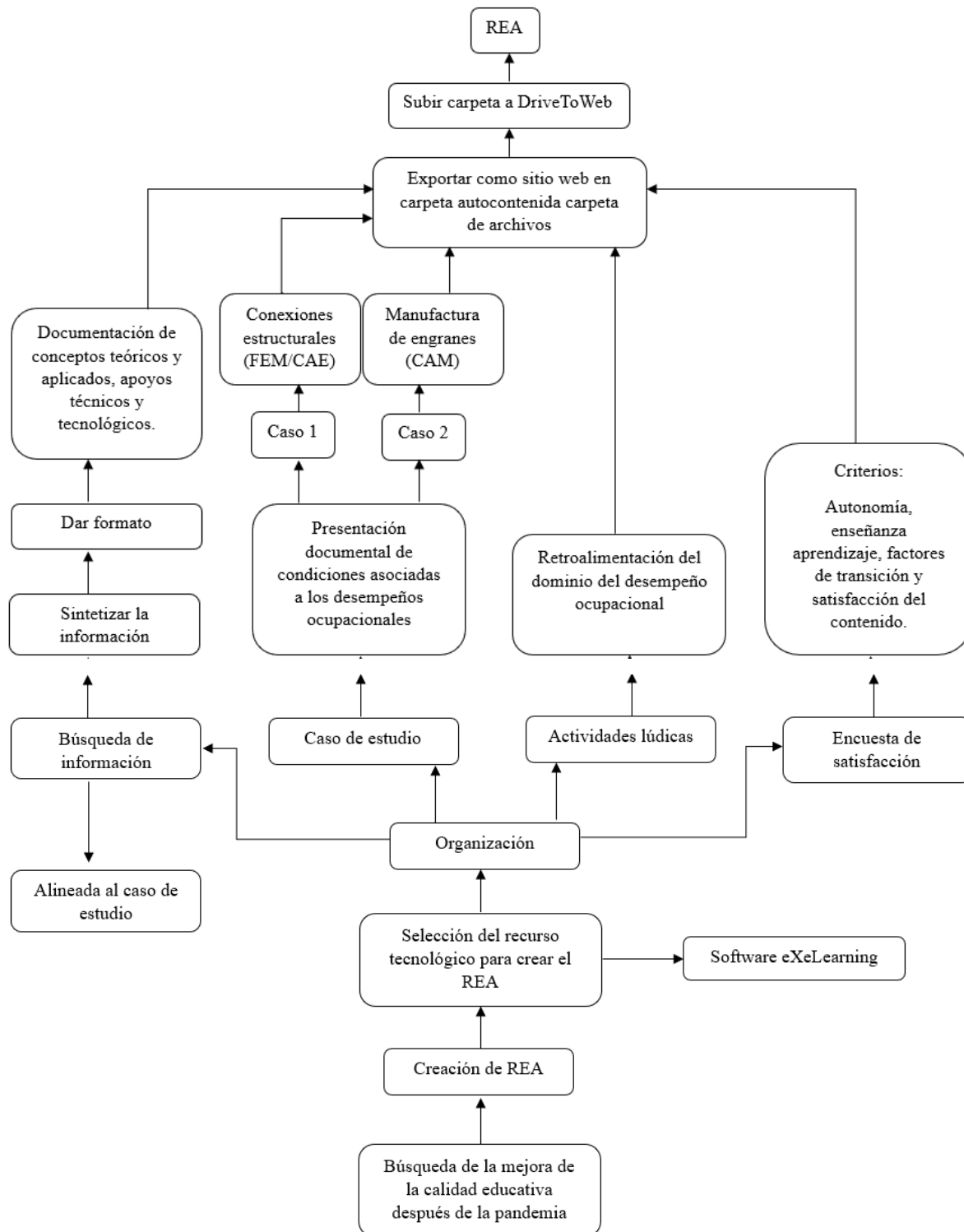
Documentar la experiencia de enseñanza-aprendizaje autónoma y asíncrona con REA en ambientes y condiciones de semipresencialidad, requirió de dos procedimientos complementarios; el primero (figura 3.1) permite recoger la información sobre la apreciación de los REA y el segundo (figura 3.2) establece la secuencia para el diseño y creación de los REA. Ambos diagramas configuran una condición iterativa de mejora continua a través de la retroalimentación solicitada y recibida en cada experiencia de uso y aplicación, a través de la encuesta que se accede mediante el siguiente link: <https://forms.gle/CKtPGvjSfJKAFUKL9>.

Figura 3.1. Proceso de obtención de la percepción de los estudiantes ante el uso de un REA.



Fuente: Desarrollo propio.

Figura 3.2. Secuencia para el diseño y creación de los REA



Fuente: Desarrollo propio.

Técnicas e Instrumentos

La información se recoge a través de un cuestionario aplicado de manera asíncrona vía on-line a través de siguiente link: <https://forms.gle/CKtPGvjSfJKAFUKL9>, la cual configura la participación de los alumnos para su análisis en forma de gráficas de pastel.

Criterios e indicadores

Pregunta 1 y 2

Criterio	Indicador
Autonomía	Incrementa su capacidad de aprendizaje de manera independiente a las sesiones síncronas
	Adapta su tipo de estudio a la modalidad síncrona o asíncrona

Pregunta 3 y 4

Criterio	Indicador
Enseñanza-Aprendizaje	Medio de presentación del contenido de apoyo
	Medio de entrega de las evidencias de aprendizaje

Pregunta 5, 6, 7, 8, y 9

Criterio	Indicador
Factores de transición presencial a distancia	Existe atención síncrona
	Existe atención asíncrona
	Condiciones ambientales
	Condiciones personales
	Material didáctico

Pregunta 10

Criterio	Indicador
Satisfacción contenida	Escala de percepción:
	Excelente
	Bueno
	Medio
	Bajo
	Nulo

Capítulo IV.- Desarrollo

Procedimiento

Recientemente las instituciones educativas han pasado de una forma no prevista de la presencialidad a la virtualidad y actualmente, a la semi presencialidad, debido a las condiciones de confinamiento impuestas por la pandemia COVID-19. Al identificar que la semi presencialidad requiere alternativas de adaptación que mejoren la calidad educativa de los alumnos en las IES, este estudio de caso ha propuesto el uso de los REA para presentar recursos didácticos de alta calidad, que son complementarios a la formación en ingeniería sobre las tecnologías CAD/CAM/CAE, mediante casos de aplicación para su estudio.

Percepción de satisfacción de los REA

El procedimiento de análisis y evaluación de los REA (figura 1) mantiene como premisa que estos, son materiales educativos que se ofrecen libremente (acceso gratuito) y con permisos (licencias abiertas) para su uso, reutilización, adaptación y compartición (Santos-Hermosa & Abadal Falgueras, 2022).

Paso 1: Para proponer un REA, se debe analizar el programa de asignatura con la finalidad de seleccionar los temas a desarrollar, estos se pueden comparar con las necesidades de la industria para que el alumno tenga un aprendizaje de aplicación. Para el REA 1, se selecciona la materia de Análisis de elemento finito de una IES y para el REA 2, la materia de Manufactura Integrada por Computadora.

Paso 2: Una vez seleccionados los temas, se comienza a investigar y desarrollar desde los antecedentes hasta la información complementaria necesaria para que el alumno pueda estudiar el caso de estudio, y a su vez relacionar conceptos teóricos o analíticos con los ocupacionales. La consideración de este apartado es que los REA no son tutoriales para desarrollar un producto, son una herramienta complementaria para la enseñanza asíncrona y el autoaprendizaje.

Paso 3: Para crear un REA, se utiliza e instala el software eXeLearning, el cual es una aplicación multiplataforma de código abierto que facilita la creación de contenidos educativos a través de la organización de archivos mediante árboles de contenido, que

estructuran: elementos multimedia, actividades lúdicas, recursos electrónicos, entre otros. La selección de dicha plataforma se debe a su sencillez de aprendizaje y de interacción con el usuario.

Paso 4: El REA 1, expone como caso la propuesta de diseño de la conexión de una nave estructural a partir de las cargas originadas durante un sismo. El REA 2, propone como caso de estudio la comparativa y experiencia de fabricación de un engrane en manufactura tradicional y manufactura asistida por computadora (CAM). Se crean los respectivos arboles de contenido para añadir la información necesaria, desde conceptos básicos y teoría, hasta los respectivos procesos de simulación y para el caso del REA 2, de fabricación. La encuesta se agrega al final del árbol de contenido (verificar la creación de la encuesta en el paso 2 del proceso de creación de un REA).

Paso 5: Verificar el proceso de creación de un REA.

Paso 6: Los enlaces obtenidos se presentan a los estudiantes respectivos a cada asignatura con la finalidad de que exploren y evalúen el contenido.

- REA 1, <https://iglxb2m24rrce1ayqu5vha.on.driv.tw/ConexionNave/Hinge/>
- REA 2, <https://iglxb2m24rrce1ayqu5vha.on.driv.tw/Engrane%20EXE/Engrane/>

Paso 7: De cada encuesta se hace una recolección de los datos obtenidos para evaluar las preferencias de los estudiantes. Posteriormente, se hace una comparativa entre los resultados obtenidos de cada REA.

En base a los resultados se obtienen las mejoras que pueden ser aplicadas para futuros REA, los cuales no necesariamente serán los mismos para todos los casos, es por ello por lo que se debe analizar primero la percepción de los estudiantes y así, mejorar la calidad en el estudio de la materia.

Creación de un REA.

Para el diseño y la creación de un REA su desarrollo se enfoca desde la siguiente premisa: debido al confinamiento ocasionado por la pandemia COVID 19, la transición entre la

modalidad presencial a la modalidad virtual y a la modalidad híbrida (semipresencial), ha generado la necesidad de incorporar nuevos recursos didácticos estratégicos para ayudar a los docentes a desarrollar contenidos de aprendizaje de alta calidad educativa en línea que sean eficaces y satisfactorios para los estudiantes.

Paso 1: Para crear el REA se utiliza el software eXeLearning, su selección se debe a su simple aprendizaje y fácil interacción con el usuario.

Paso 2: La organización se divide en:

2.1) Caso de estudio: Se busca desarrollar la solución de una problemática para una situación específica basada en los desempeños ocupacionales o necesidades de la industria, con la finalidad de que el alumno desarrolle la capacidad de relacionar y aplicar los conceptos y teorías. Para este caso en específico, se desarrolla el REA 1 basado en diseño de las conexiones de una nave estructural (CAE) y el REA 2 basado en la manufactura de engranes (CAM).

2.2) Búsqueda de la información: La búsqueda de información se alinea con el caso de estudio. Se sintetiza y se le da formato, documentando los conceptos teóricos y aplicados. La información se complementa con apoyos técnicos y tecnológicos.

2.3) Actividades lúdicas: Creadas a partir de la información sintetizada y organizada por temas y subtemas dentro del árbol de contenido del eXeLearning. Se presentan como un medio de refuerzo del aprendizaje, promoviendo la retroalimentación del dominio del desempeño ocupacional y la teoría.

2.4) Encuesta de satisfacción: Se crea una encuesta en la plataforma *Google Forms* en base a los criterios de grado de autonomía, preferencias de enseñanza-aprendizaje, factores de transición presencial a distancia y satisfacción del contenido.

Paso 3: Cuando la información necesaria para el caso de estudio esta completa y se encuentra organizada de manera adecuada en el árbol de contenido, en la carpeta de archivo, se exporta como sitio web en carpeta autocontenida, esto genera una carpeta con toda la información contenida (fotos, videos, enlaces, entre otros). Dentro de la carpeta autocontenida se encuentra el archivo HTML que almacena la vista preliminar del REA.

Paso 4: La carpeta autocontenida se sube a Google Drive y finalmente, a través de la aplicación DriveToWeb (<https://drv.tw/>) se genera el link de acceso para el REA.

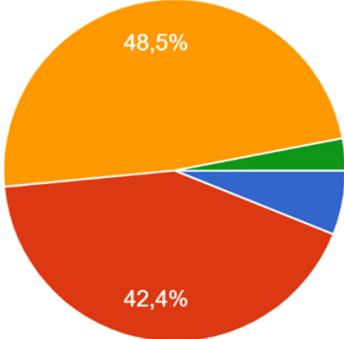
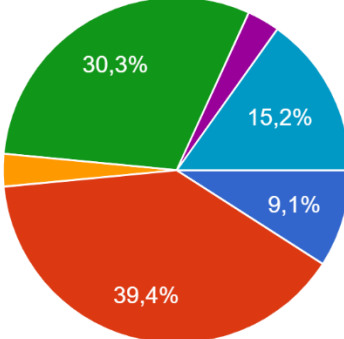
Paso 5: Ingresar al enlace generado para validar que el proceso se haya completado de manera correcta.

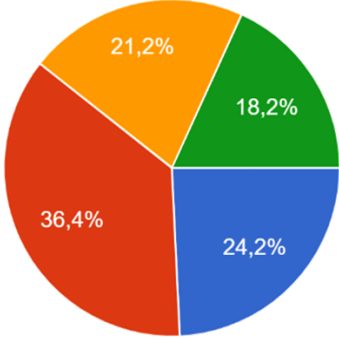
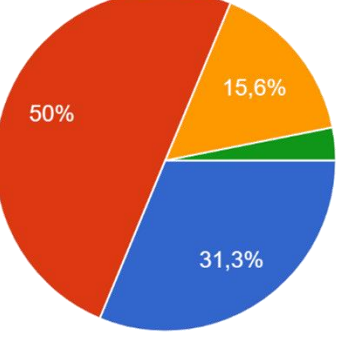
Resultados y discusiones

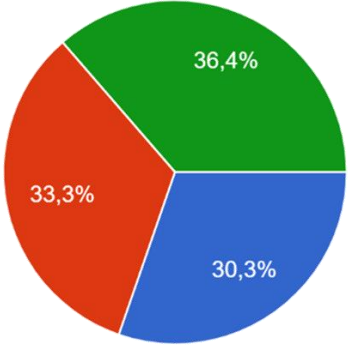
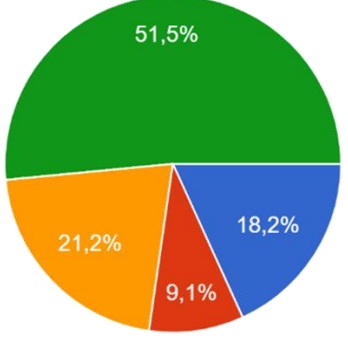
La tabla 1, describe los resultados de las encuestas realizadas y se muestran las gráficas de los datos recabados del análisis del REA 1, por parte de los estudiantes.

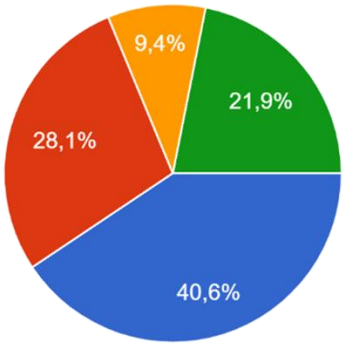
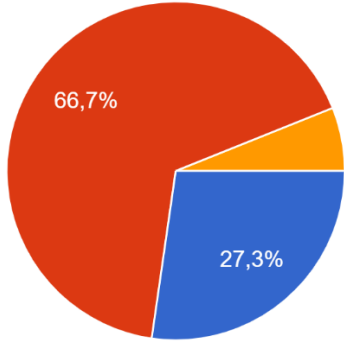
Tabla 1. Resultados encuesta REA 1

Pregunta	Encuesta 1 (CAE)	Gráficas
¿El grado de autonomía que logró utilizando el Recurso Educativo Abierto fue?	El 27.3% consideran el REA muy autónomo. El 63.6% de los estudiantes consideran el REA autónomo. Mientras que el 9.1% consideran que el REA es moderadamente autónomo.	63,6% 27,3% 9,1% a) Muy autónomo b) Autónomo c) Moderadamente autónomo d) Poco autónomo
¿La flexibilidad para estudiar el Recurso Educativo Abierto y desarrollar evidencias de aprendizaje le permitió?	La flexibilidad del REA permite al 60% de los alumnos estudiar a su ritmo. El 27.3% tiene libertad de organización para estudiar y el 12.1% puede estudiar en cualquier momento.	60,6% 27,3% 12,1% a) Estudiar al propio ritmo b) Estudiar en cualquier momento c) Libertad de organización para estudiar

¿Cuál de los siguientes recursos de información que se presentan como ejecuciones prácticas de Laboratorio / Taller consideras de mayor interés personal en tu formación tecnológica CAD/CAM/CAE?	El 48.5% de los alumnos encuestados eligieron los tutoriales (procedimientos documentales), mientras que el 42.4% prefieren los videos y el 9.1% escogieron los procedimientos gráficos y lúdicos como el recurso de información de mayor interés.	 a) Procedimientos gráficos (fotos) b) Procedimientos visuales (videos) c) Procedimientos documentales (tutoriales) d) Procedimientos lúdicos (puzzles, crucigramas, acertijos, sopa de letras, entre otros)
¿La entrega de evidencias de aprendizaje asíncrono es más fácil cuando solicitan como producción académica?	El 39.4% de los estudiantes prefieren realizar simulaciones para entregar como evidencias. El 30.3% eligen trabajos prácticos, el 15.2% escogen tareas, ejercicios y pruebas. El 9.1% se interesan en los videos, mientras que el 6% se inclinan a informes, estudio de caso, proyectos y aplicaciones de realidad aumentada.	 a) Video b) Simulaciones c) Aplicaciones de realidad aumentada d) Trabajos prácticos e) Informes, estudio de caso, proyectos f) Tareas, ejercicios, pruebas

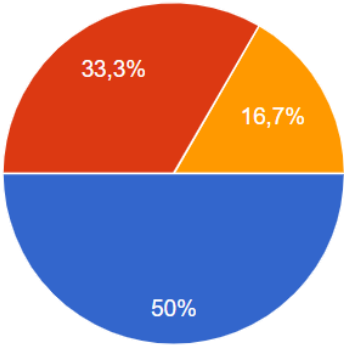
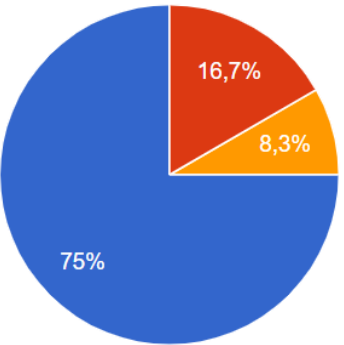
¿Considera que el Recurso Educativo Abierto puede mejorar de manera significativa al incorporar?	El 36.4% de los estudiantes prefieren la atención síncrona con video. El 24.2% priorizan la atención individualizada inmediata, el 21.2% eligen la atención síncrona por móvil y el 18.2 % escogen la atención síncrona por correo en plataforma.	 ● a) Atención individualizada inmediata (face to face) ● b) Atención síncrona por video conferencia ● c) Atención síncrona por móvil ● d) Atención asíncrona por correo en plataforma
¿Considera que en la formación asíncrona el Recurso Educativo Abierto puede mejorar de manera significativa al incorporar?	El 50% de los estudiantes prefieren la atención asíncrona por video conferencia. El 31.3% eligen la atención individualizada por cita y agenda. El 15.6% prioriza la atención síncrona por móvil y el 3.1% escogen la atención asíncrona por correo en plataforma.	 ● a) Atención individualizada por cita y agenda ● b) Atención asíncrona por video conferencia ● c) Atención asíncrona por móvil ● d) Atención asíncrona por correo en plataforma

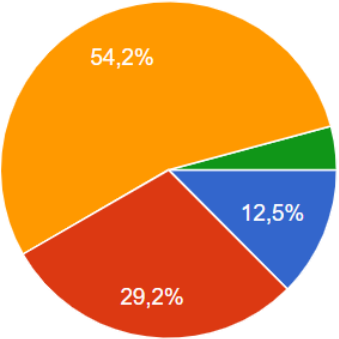
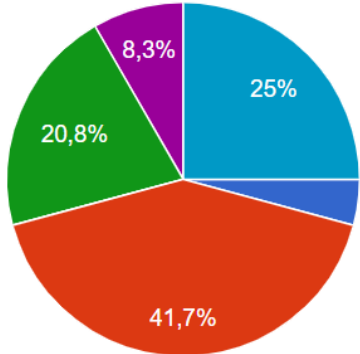
¿Considera como factor de mayor dificultad para transitar de la educación guiada (clase presencial grupal) a la educación autónoma (clase autodidacta individual) a la?	El 36.4% de los alumnos consideran que la mayor dificultad para realizar la transición se debe al déficit de concentración. Para el 33.3% la mayor dificultad es la ausencia de interacción social y el 30.3% eligen la falta de motivación como la mayor dificultad.	 a) Falta de motivación b) Ausencia de interacción social c) Baja adaptación a la soledad d) Déficit de concentración
¿Cuáles son los principales retos como estudiante autodidacta e independiente de la tecnología CAD/CAM/CAE?	El 51.5% de los estudiantes presenta falta de compatibilidad tecnológica software-equipo de cómputo. El 21.2% escogen el desconocimiento de las plataformas informáticas como un reto afrontar, mientras que el 18.2% eligió la alta carga laboral y el 9.1% la falta de tiempo como los principales retos a superar.	 a) Alta carga laboral b) Falta de tiempo c) Deconocimiento de las plataformas informáticas d) Falta de compatibilidad tecnológica aplicación de software-equipo de computo

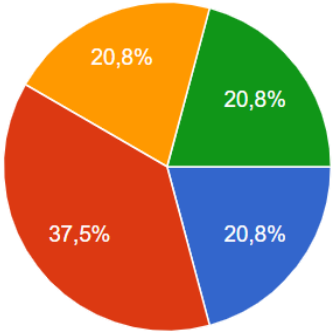
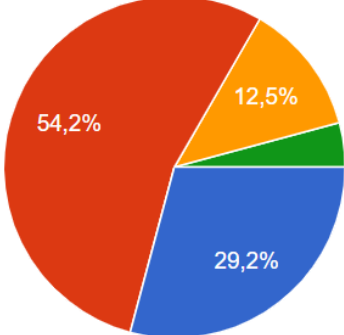
¿Considera que la mayor facilidad para transitar contenidos académicos de lo presencial al modo digital-virtual on-line, se logra mediante la incorporación de?	El 40% de los alumnos considera que las conferencias en tiempo real son necesarias para una transición más amigable. Mientras que el 28.1% prefieren las lecciones grabadas, el 21.9% piensa que los recursos educativos abiertos permiten esa transición de contenido y el 9.4% supone que el material textual para estudios independientes es el que mejor llevaría a cabo la labor.	 a) Conferencias en tiempo real b) Lecciones grabadas c) Material textual para estudios independientes d) Recursos Educativos Abiertos
¿Clasifica su nivel de satisfacción sobre la información, el contenido académico y contenido gráfico del Recurso Educativo Abierto, de manera?	El 27.3% opinan que el REA es excelente. El 66% de los encuestados consideran que la información en el REA como buena. El 6 % le parece indiferente el contenido académico de la REA.	 a) Excelente b) Bueno c) Medio d) Bajo e) Nulo

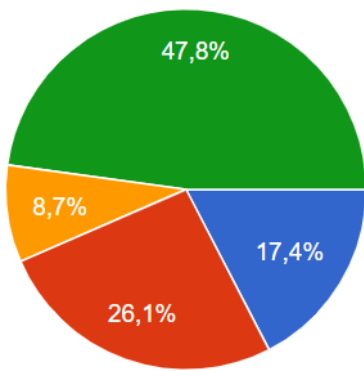
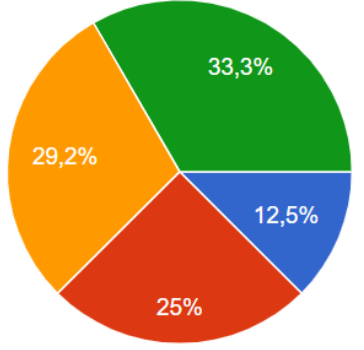
La tabla 2, describe los resultados de las encuestas realizadas y se muestran las gráficas de los datos recabados del análisis del REA 2, por parte de los estudiantes.

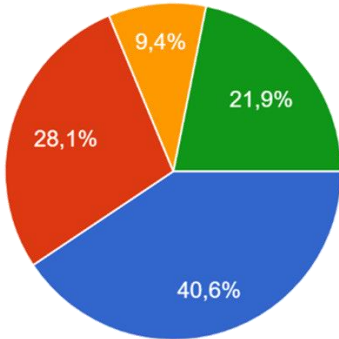
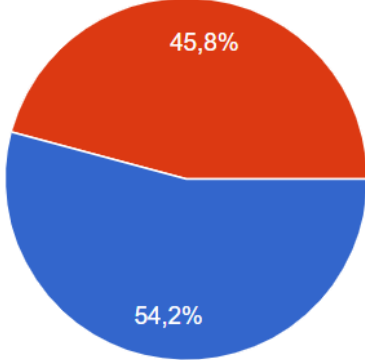
Tabla 2. Resultados encuesta REA 2.

Pregunta	Encuesta 2 (CAM)	Gráficas
¿El grado de autonomía que logró utilizando el Recurso Educativo Abierto fue?	El 50% de los estudiantes consideran el REA muy autónomo. El 33.3% de los estudiantes consideran que el REA es autónomo. Mientras que el 16.7% consideran que el REA es moderadamente autónomo.	 ● a) Muy autónomo ● b) Autónomo ● c) Moderadamente autónomo ● d) Poco autónomo
¿La flexibilidad para estudiar el Recurso Educativo Abierto y desarrollar evidencias de aprendizaje le permitió?	La flexibilidad del REA permite al 75% de los alumnos estudiar a su ritmo. El 16.7 tiene libertad de organización para estudiar y el 8.3% puede estudiar en cualquier momento.	 ● a) Estudiar al propio ritmo ● b) Estudiar en cualquier momento ● c) Libertad de organización para estudiar

¿Cuál de los siguientes recursos de información que se presentan como ejecuciones prácticas de Laboratorio / Taller consideras de mayor interés personal en tu formación tecnológica CAD/CAM/CAE?	El 54.2% de los alumnos encuestados eligieron los tutoriales (procedimientos documentales), mientras que el 29.2% prefieren los videos, el 4.2% escogieron los procedimientos gráficos y lúdicos como el recurso de información de mayor interés y el 12.5% de los alumnos prefieren los procedimientos gráficos por medio de fotos.	 a) Procedimientos gráficos (fotos) b) Procedimientos visuales (videos) c) Procedimientos documentales (tutoriales) d) Procedimientos lúdicos (puzzles, crucigramas, acertijos, sopa de letras, entre otros)
¿La entrega de evidencias de aprendizaje asíncrono es más fácil cuando solicitan como producción académica?	El 41.7% de los estudiantes prefieren realizar simulaciones para entregar como evidencias. El 20.8% eligen trabajos prácticos. El 25% escogen tareas, ejercicios y pruebas. El 4.2% se interesan en los videos. El 8.3% se inclinan a informes, estudio de caso y proyectos.	 a) Video b) Simulaciones c) Aplicaciones de realidad aumentada d) Trabajos prácticos e) Informes, estudio de caso, proyectos f) Tareas, ejercicios, pruebas

¿Considera que el Recurso Educativo Abierto puede mejorar de manera significativa al incorporar?	El 37.5% de los estudiantes prefieren la atención síncrona con video conferencia. El 20.8% priorizan la atención individualizada inmediata. El 20.8% eligen la atención síncrona por móvil. El 20.8 % escogen la atención síncrona por correo en plataforma.	 a) Atención individualizada inmediata (face to face) b) Atención síncrona por video conferencia c) Atención síncrona por móvil d) Atención asíncrona por correo en plataforma
¿Considera que en la formación asíncrona el Recurso Educativo Abierto puede mejorar de manera significativa al incorporar?	El 54.2% de los estudiantes prefieren la atención asíncrona por video conferencia. El 29.2% eligen la atención individualizada por cita y agenda. El 12.5% prioriza la atención síncrona por móvil. El 4.2% escogen la atención asíncrona por correo en plataforma.	 a) Atención individualizada por cita y agenda b) Atención asíncrona por video conferencia c) Atención asíncrona por móvil d) Atención asíncrona por correo en plataforma

¿Considera como factor de mayor dificultad para transitar de la educación guiada (clase presencial grupal) a la educación autónoma (clase autodidacta individual) a la?	El 47.8% de los alumnos consideran que la mayor dificultad para realizar la transición se debe al déficit de concentración. Para el 26.1% la mayor dificultad es la ausencia de interacción social. El 17.7% eligen la falta de motivación como la mayor dificultad. El 8.7% de los alumnos consideran la baja adaptación a la soledad como su mayor dificultad.	 <table><tr><th>Factor</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>a) Falta de motivación</td><td>17,4%</td></tr><tr><td>b) Ausencia de interacción social</td><td>26,1%</td></tr><tr><td>c) Baja adaptación a la soledad</td><td>8,7%</td></tr><tr><td>d) Déficit de concentración</td><td>47,8%</td></tr></table>	Factor	Porcentaje	a) Falta de motivación	17,4%	b) Ausencia de interacción social	26,1%	c) Baja adaptación a la soledad	8,7%	d) Déficit de concentración	47,8%
Factor	Porcentaje											
a) Falta de motivación	17,4%											
b) Ausencia de interacción social	26,1%											
c) Baja adaptación a la soledad	8,7%											
d) Déficit de concentración	47,8%											
¿Cuáles son los principales retos como estudiante autodidacta e independiente de la tecnología CAD/CAM/CAE?	El 33.3% de los estudiantes presenta falta de compatibilidad tecnológica software-equipo de cómputo. El 29.2% escogen el desconocimiento de las plataformas informáticas como un reto afrontar. El 12.5% eligió la alta carga laboral. El 25% la falta de tiempo como los principales retos a superar.	 <table><tr><th>Retos</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>a) Conferencias en tiempo real</td><td>12,5%</td></tr><tr><td>b) Lecciones grabadas</td><td>25%</td></tr><tr><td>c) Material textual para estudios independientes</td><td>29,2%</td></tr><tr><td>d) Recursos Educativos Abiertos</td><td>33,3%</td></tr></table>	Retos	Porcentaje	a) Conferencias en tiempo real	12,5%	b) Lecciones grabadas	25%	c) Material textual para estudios independientes	29,2%	d) Recursos Educativos Abiertos	33,3%
Retos	Porcentaje											
a) Conferencias en tiempo real	12,5%											
b) Lecciones grabadas	25%											
c) Material textual para estudios independientes	29,2%											
d) Recursos Educativos Abiertos	33,3%											

¿Considera que la mayor facilidad para transitar contenidos académicos de lo presencial al modo digital-virtual on-line, se logra mediante la incorporación de?	El 20% de los alumnos considera que las conferencias en tiempo real son necesarias para una transición más amigable. El 41.7% prefieren las lecciones grabadas. El 25% piensa que los recursos educativos abiertos permiten esa facilitan la transición de contenido. El 12.5% supone que el material textual para estudios independientes es el que mejor llevaría a cabo la labor.	 <table><tr><th>Opción</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>a) Conferencias en tiempo real</td><td>40,6%</td></tr><tr><td>b) Lecciones grabadas</td><td>28,1%</td></tr><tr><td>c) Material textual para estudios independientes</td><td>9,4%</td></tr><tr><td>d) Recursos Educativos Abiertos</td><td>21,9%</td></tr></table>	Opción	Porcentaje	a) Conferencias en tiempo real	40,6%	b) Lecciones grabadas	28,1%	c) Material textual para estudios independientes	9,4%	d) Recursos Educativos Abiertos	21,9%		
Opción	Porcentaje													
a) Conferencias en tiempo real	40,6%													
b) Lecciones grabadas	28,1%													
c) Material textual para estudios independientes	9,4%													
d) Recursos Educativos Abiertos	21,9%													
¿Clasifica su nivel de satisfacción sobre la información, el contenido académico y contenido gráfico del Recurso Educativo Abierto, de manera?	El 54.2% opinan que el REA es excelente. El 45.8% de los encuestados consideran la información en el REA como buena.	 <table><tr><th>Opción</th><th>Porcentaje</th></tr><tr><td>a) Excelente</td><td>54,2%</td></tr><tr><td>b) Bueno</td><td>45,8%</td></tr><tr><td>c) Medio</td><td>0%</td></tr><tr><td>d) Bajo</td><td>0%</td></tr><tr><td>e) Nulo</td><td>0%</td></tr></table>	Opción	Porcentaje	a) Excelente	54,2%	b) Bueno	45,8%	c) Medio	0%	d) Bajo	0%	e) Nulo	0%
Opción	Porcentaje													
a) Excelente	54,2%													
b) Bueno	45,8%													
c) Medio	0%													
d) Bajo	0%													
e) Nulo	0%													

La tabla 3, describe los resultados comparados de las encuestas del REA 1 y REA 2 realizadas a los estudiantes.

Tabla 3. Comparativa de resultados REA 1 vs REA 2.

Ítem	Comparativa REA CAE vs REA CAM
1	El incremento del 22.7% de la percepción de muy autónomo se asocia con la información de tipo técnica de verificación operativa presentada (fabricación de engrane por torno y fresa). Esta información de tipo técnico disminuyo en un 30.3% e incremento en un 7.6% la percepción de moderadamente autónomo. Se considera que la percepción de disminución de autonomía fue debido a la limitante para replicar el procedimiento de manufactura tradicional.
2	Se presenta un incremento del 14.4% en la preferencia de los alumnos a estudiar a su ritmo. Las variaciones del 4.6% y del 19% en la posibilidad de estudiar en cualquier momento y la libertad de organización, se pueden atribuir a factores personales ya que el REA permite estudiar al ritmo propio del estudiante.
3	Existe un incremento del 5.7% hacia la preferencia de los tutoriales, el formato de videos decreció un 13.2% en comparación al REA 1. Se presentó un aumento en la preferencia a procedimientos gráficos y lúdicos del 7.6%.
4	Los estudiantes prefieren entregar como evidencias de aprendizaje simulaciones CAD/CAM/CAE, con un aumento en la preferencia de 2.3%, sin embargo, se presentó un decremento para los trabajos prácticos de 9.5%, un 4.9% para los videos y un aumento del 9.8% para las tareas, ejercicios y pruebas, además, incrementó la preferencia a informes, estudio de caso y proyectos.
5	De los resultados obtenidos, se mantiene la preferencia a la atención síncrona por video conferencias, con un aumento del 1.1%. Para los estudiantes es importante mantener contacto con el docente para resolver dudas o por familiaridad a las clases presenciales, siendo que, las sesiones síncronas por video conferencia simulan un ambiente de aula virtual. Se presentan variaciones en la atención individualizada inmediata, con una reducción del 3.4%, la atención síncrona por móvil, con una reducción del 0.4% y la atención síncrona por correo en plataforma, con un aumento del 2.6%.

6	Para las mejoras a aplicar en los REA, los estudiantes prefieren en un 4.2% más la atención asíncrona por video conferencia, disminuyendo la atención individualizada por cita y agenda en un 2.1%, la atención síncrona por móvil en un 3.1% y aumentando la atención asíncrona por correo en plataforma en 1.1%.
7	El déficit de atención se percibe por parte de los alumnos como la mayor dificultad de transición a la modalidad individual autodidacta, incrementando en un 11.4%. Existe una disminución para la ausencia de interacción social en un 7.2% y en un 12.6% para la falta de motivación. Aparece un 8.7% de alumnos que consideran la baja adaptación a la soledad como su mayor dificultad.
8	De acuerdo con los resultados, el principal reto para los estudiantes se presenta debido a la falta de compatibilidad tecnológica de software-equipo de cómputo, a pesar de ello, se presentó una disminución del 18.2%, además, se presenta un aumento en el desconocimiento de las plataformas informáticas de 8% y del 15.9% para la falta de tiempo.
9	La opinión acerca de lo necesarias que son las conferencias en tiempo real disminuyó en un 20%, aumentando la preferencia hacia las lecciones grabadas en un 13.6%, de igual manera, se aprecia el aumento del 3.1% hacia los recursos educativos abiertos como medio de transición a la modalidad digital-virtual. El material textual para estudios independientes aumenta en preferencia con un 3.1%.
10	La transición de la opinión del contenido del REA como excelente se incrementó en un 26.9% y la opinión del contenido del REA como bueno se incrementó en un 20.2%, la indiferencia acerca del contenido se transformó en aceptación.

Conclusiones/recomendaciones/propuesta

Oportunidades de mejora REA 1 vs REA 2

Ítem 1

El REA 1 presenta una propuesta de diseño para la conexión de una nave estructural sometida a cargas reales que se presentan durante un sismo y se considera que la información no fue suficiente para cubrir las necesidades del alumno, por ello, se propone añadir descripciones más claras sobre el proceso de diseño. En el REA 2 se presentó como contenido la documentación de la experiencia de fabricación de un engrane por CAE convencional y se considera que una prueba destructiva de flexión en vigas IR, completaría el contenido del REA 1.

Ítem 2

El REA 1, por presentar contenido a reproducir con los recursos propios del alumno implica una mayor organización de tiempo personal. El REA 2 al presentar contenido que requiere de asistencia e infraestructura institucional limita el tiempo de organización personal del estudiante.

Ítem 3

El REA 1 presenta un procedimiento documental descriptivo, se anexaron videos de apoyo para la aplicación de herramientas y los recursos lúdicos no tuvieron relevancia o causaron interés a los alumnos. El REA 2, aumentó el interés de los alumnos debido a que además de los videos apoyo para las herramientas CAM/CAE, el procedimiento documental descriptivo realiza la comparación entre un proceso tradicional de fabricación y su desarrollo CAM, aumentando el interés de los alumnos por los procedimientos documentales, además, la mejora visual y en la calidad de las actividades lúdicas representó un aumento en su interés.

Ítem 4

Para los alumnos se mantiene la preferencia en la entrega de simulaciones como evidencias de aprendizaje, sin embargo, el REA 1 presenta mayor interés por los trabajos prácticos los cuales permiten ligar la teoría y práctica por medio del desarrollo de conocimiento y el REA

2, incrementó el interés de los alumnos por los estudios de caso debido a que presenta una comparación entre el CAM y un proceso real de fabricación, permitiendo a los estudiantes relacionar y comprender de una mejor manera el proceso.

Ítem 5

Los REA 1 y 2 permiten incorporar atención síncrona por video conferencias a través de links de sesiones pre programados de otras plataformas especializadas para que los alumnos puedan externar dudas a su profesor. El REA 2 presenta mayor interés en el acompañamiento del estudio de la información debido a la complejidad del tema, por lo que se propone crear un apartado específico con los datos de contacto necesarios para que el alumno pueda externar sus dudas.

Ítem 6

Tanto en el REA 1 como en el REA 2, no se atendieron las preferencias de los estudiantes sobre la interacción alumno-docente mediante video conferencia. Por lo tanto, como oportunidad de mejora estratégica, es deseable que los REA integren una sección de datos de contacto y una presentación en video del docente. Así como es recomendable un apartado de comentarios donde el estudiante envíe archivos de video mediante la herramienta "video interactivo" o una herramienta que permita crear videos de los comentarios que se envíen desde la plataforma de consulta.

Ítem 7

El REA 1 al presentar un tema más corto tiene menor porcentaje en el déficit de atención por parte de los estudiantes. El REA 2, al ser un tema más extenso y complejo presenta mayor porcentaje de déficit de atención. Los estudiantes no se sienten motivados por la falta de interacción social y la baja adaptación a la soledad. Se deben organizar temas con información corta y de fácil lectura para que los alumnos no pierdan la concentración al momento de estudiar el REA.

Ítem 8

El REA 1 únicamente solicita el proceso de la simulación CAE, es por ello por lo que se presenta una mayor falta de compatibilidad tecnológica software- equipo de cómputo. El REA 2 incluye apartados de aplicación de la teoría de diseño y explicación del proceso de manufactura lo que permite a los alumnos estudiar y comprender el tema sin necesidad de realizar la simulación CAM, la información es más extensa por lo que se presentó un aumento en la falta de tiempo.

Ítem 9

El REA 1 requiere la incorporación de conferencias en tiempo real para el acompañamiento de su estudio, además, el incorporar el proceso de selección del diseño aportaría a que los estudiantes tengan menos dudas. En el REA 2 se deben incorporar lecciones grabadas, videos de apoyo del proceso tradicional de manufactura para que los alumnos tengan una perspectiva más clara acerca del uso de las maquinas-herramientas utilizadas en la industria.

Ítem 10

La mejora de los criterios (incremento porcentual): autonomía, enseñanza aprendizaje y factores de transición, validan el criterio de alta satisfacción de los estudiantes en el uso de los REA como herramientas de apoyo para el aprendizaje asíncrono dentro del área de ingeniería. Debido a que los estudiantes manifiestan progreso en la capacidad de aprendizaje al adaptarse a la modalidad síncrona. Para este logro prefieren los tutoriales como medios de presentación de contenidos y la entrega de simulaciones como evidencias de aprendizaje; en cuanto a los factores para transitar a la educación asíncrona, el comportamiento se centra en preferir la videoconferencia como medio de enlace docente alumno, tanto de síncrona como asíncrona. Un riesgo que se identifica es el déficit de atención debido a la falta de recursos de cómputo y tecnológicos que ha ausencia de formalidad de horarios específicos de estudio y entrega de evidencias de aprendizaje. Finalmente, la aceptación en cuanto a la diversidad que se presenta de material didáctico es un factor relevante para respaldar, debido a que la enseñanza tradicional limita su contacto con materiales didácticos alternativos, al preferir la réplica del método socrático durante el seguimiento de instrucciones.

Discusión

Con alta coincidencia en la comparativa de las opiniones de los estudiantes en dos momentos de análisis. Para el criterio de autonomía, se coincidió con Martínez (2017), que determinó que los REA permiten flexibilizar la enseñanza dando mayor libertad pedagógica al docente a través de la personalización mediante los diferentes formatos de recursos que se pueden adaptarse a diferentes intereses y estilos de aprendizaje. Asimismo, Vásquez (2020), expone que los REA son adaptables tanto a la modalidad virtual como a la presencial, permitiendo un proceso flexible y autónomo de enseñanza aprendizaje. Para un uso efectivo, es necesario readaptar los enfoques pedagógicos y asegurar una conectividad estable para los estudiantes y docentes para una conectividad ininterrumpida de acceso a los REA.

En cuanto a criterio de enseñanza-aprendizaje en conjunto Abadal (2022) se puede explicar que los REA requieren de un diseño de aprendizaje que cumpla con un enfoque centrado para potencializar la motivación del alumno, en equilibrio con la carga cognitiva, siendo preferible la existencia de indicaciones claras y concisas, además de una distribución de la información por segmentos.

Los factores de transición de la modalidad presencial a la modalidad a distancia como criterio se establecen que es relevante ampliar el catálogo de recursos tecnológicos y de infraestructura para mantener alta la motivación del estudiante y enfocada su atención. En este aspecto Casillas (2020), implementó el uso de dispositivos móviles como herramienta para el acceso a los Recursos Educativos Abiertos, favoreciendo el proceso de enseñanza aprendizaje mediante la practicidad de acceso y manejo que otorgan los dispositivos móviles. En cuanto a este criterio Torres (2021) fomenta el uso de software para apoyar la creación, uso y mejora de los REA. Permitiendo la creación de cursos completos de diversos tipos de materiales informativos y didácticos por medio de vídeos, textos e incluso audios.

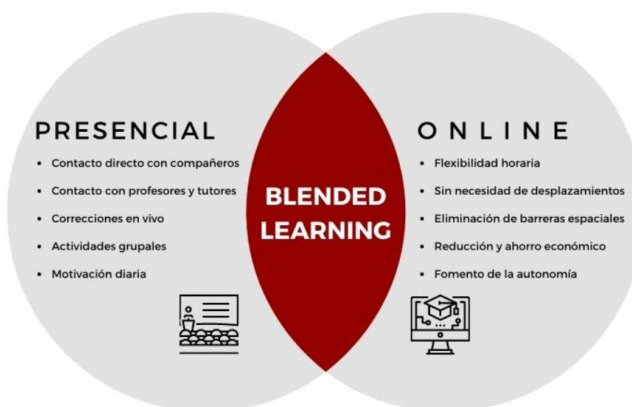
El alcance del criterio satisfacción del contenido, manifiesta una clara tendencia al uso y aplicación de los REA como elementos proactivos durante la transición emergente de la presencialidad a la virtualidad. Siendo también sólidos elementos de soporte académico para sustentar adaptación de la semipresencialidad como modalidad educativa efectiva, dinámica e innovadora. Dado que en el congreso realizado por UNESCO (2017), se determinó que la integración de los REA tiene como reto el garantizar un acceso inclusivo y equitativo, la

capacidad de los usuarios para su uso y creación, la concepción de los modelos de sostenibilidad y el establecer políticas de uso e integración. También Butcher (2015) expone que, con el uso de los REA, los docentes se convierten en facilitadores y gestores el aprendizaje, planeando, negociando y gestionando la información, permitiendo la interacción remota vía virtual online por medio de video conferencias, correos electrónicos, mensajes de texto, entre otros. Además, el uso de los REA permitirá al alumno convertirse en líder, gestor o coordinador de su aprendizaje.

Como trabajo futuro con apoyo del análisis realizado se desarrollarán nuevos REA que incluyan la siguiente organización y recomendaciones de los estudiantes, para mantener una sinergia de mejora continua de estos. Que permitan aprovechar las ventajas y características de cada modalidad síncrona y asíncrona, para fortalecer de manera formal los procesos del blended-learning. Entre los beneficios se encuentran:

- Trabajo home office
- Flexibilidad de horarios
- Reducción de costes
- Interacción social
- Interacción académica / profesional
- Correcciones face to face y actividades grupales

Figura 4.1. Integración Blended-Learning.



Fuente: <https://www.esmadeco.com/blended-learning/>

Conclusiones

Con referencia en la documentación del presente estudio de caso se concluye que los estudiantes, aunque aceptan la novedad de los REA como recursos o materiales didácticos en la modalidad a distancia on-line asíncrona, mantienen una alta conexión con la modalidad presencial y las técnicas tradicionales de enseñanza aprendizaje síncrona.

El análisis de satisfacción de los estudiantes con el contenido del segundo REA confirma la relación que, a mayor uso de los REA, mayor adaptación de la academia a la semi presencialidad.

La documentación realizada de casos de estudio mediante REA sobre la aplicación o uso de herramientas CAD/CAM/CAE, satisface de manera complementaria la formación ocupacional en el perfil profesional de los estudiantes y se alinea a las demandas laborales y técnicas de la industria.

Se concluye que utilizar los REA como medios y materiales didácticos, favorece la transición de la presencialidad a la virtualidad aun cuando esta no es planeada. Asimismo, que la modalidad blended-learning o semipresencial se fortalece y conduce con mayor aceptación cuando se integran elementos de la presencialidad para guiar sobre temas técnicos o tecnológicos, más que teóricos o analíticos.

Bibliografía

- Abadal, S. (2022). Recursos educativos abiertos. Una pieza fundamental para afrontar los actuales retos de la Educación Superior. Ediciones Octaedro, S.L.
<https://doi.org/https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>
- Butcher (2015). Guía Básica de Recursos Educativos Abiertos (REA). UNESCO.
<https://doi.org/http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>
- Casillas, J. (2020). Los dispositivos móviles y Recursos Educativos Abiertos (REA). Una estrategia de intervención para estudiantes de Ingeniería en tiempos de COVID19. EDUCATECONCIENCIA, 28(29), 213-241.
<https://doi.org/https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Cd2BCJHtRKsJ:https://tecnocientifica.com.mx/educateconciencia/index.php/revistaeducate/issue/view/29&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx>
- Martínez, R. (2017). Reorientación de la práctica educativa usando REA: resultados preliminares con tres docentes mexicanos de posgrado. Apertura, 9(2), 20.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v9n2.1098>
- Torres (2021). Recursos educativos abiertos y políticas institucionales en universidades públicas mexicanas: estudio de caso. Revista Iberoamericana para la investigación y el desarrollo educativo, 12(22), 23.
<https://doi.org/https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.865>
- UNESCO. (2017). SEGUNDO CONGRESO MUNDIAL SOBRE LOS REA PLAN DE ACCIÓN DE LIUBLIANA SOBRE LOS REA. Segundo Congreso Mundial sobre los REA: Plan de Acción sobre los REA (pág. 9). Eslovenia: UNESDOC.
<https://doi.org/CI/KSD/ICT/2017/ME/H/1>
- Vásquez (2020). REA como herramienta útil en el aprendizaje basado en recursos. Cuaderno de Pedagogía Universitaria, 18(35), 28-36.
<https://doi.org/http://cuaderno.pucmm.edu.do>

ANEXO

Anexo 1- REA caso conexión

Conexión de una Nave estructural

DESCRIPCIÓN ACADÉMICA

Para diseñar es necesario tener conocimiento de mecánica y resistencia de materiales, uso de manuales de fabricantes, manejo de software, teoría de diseño, entre otros. Todo sumado a la capacidad de configurar y visualizar las posibles soluciones concluyendo en el análisis e interpretación de resultados. Se espera que este recurso educativo abierto (REA) complemente o refuerce el conocimiento del estudiante.

Descripción tecnológica

A través del uso de softwares CAD/CAM/CAE se realiza la simulación del comportamiento de las conexiones de una nave estructural. Las cargas aplicadas se establecen a partir de las fuerzas generadas durante un sismo. Se diseña una propuesta de conexión y se analiza bajo diferentes elementos de unión para estudiar las propiedades mecánicas.



Áreas de conocimiento

- Ingeniería y Tecnología



Nivel educativo

- Educación superior



Herramientas tecnológicas

- Software NX
- Software ANSYS
- Aplicaciones de actividades lúdicas



Conectividad - ONLINE

<https://orcid.org/0000-0002-7153-2202>

<https://orcid.org/0000-0002-7153-2202> <<https://orcid.org/0000-0002-7153-2202>>

<https://orcid.org/0000-0001-7316-5015> <<https://orcid.org/0000-0001-7316-5015>>

Antecedentes

Contexto

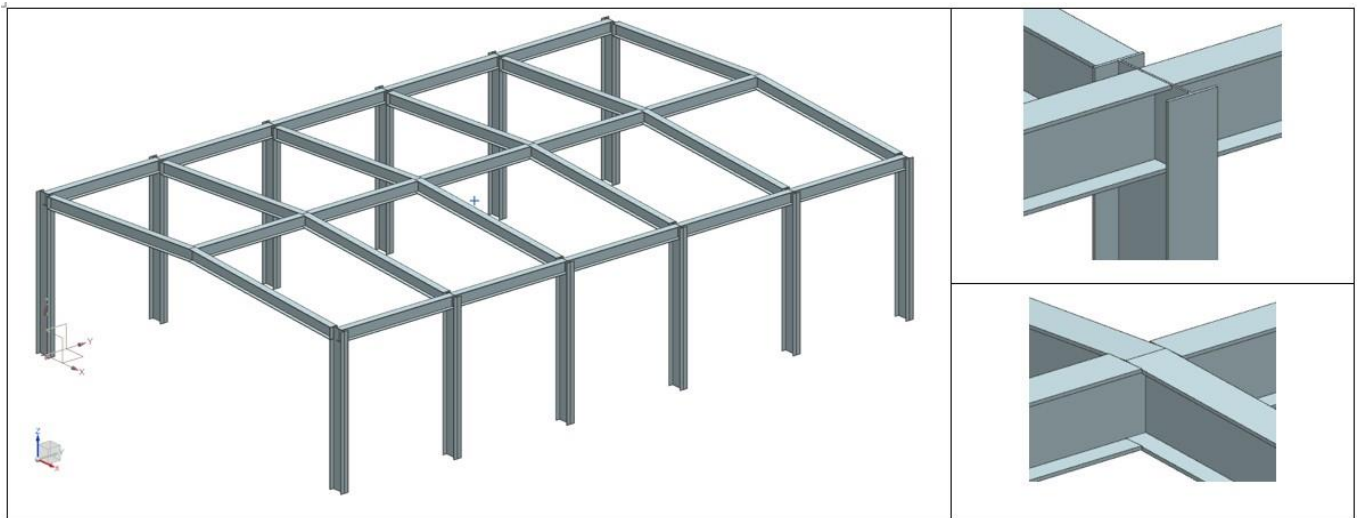
Caso de estudio: Nave industrial estructurada a base de elementos de acero comercial (secciones IR), unidos mediante conexiones rígidas atornilladas (Comisión Federal de Electricidad [CFE], 2015). La nave industrial se debe diseñar para resistir las fuerzas sísmicas que se pueden presentar por la zona donde se edificará. La estructura se ubica en el interior de la Central Termoeléctrica Gral. Manuel Álvarez Moreno, en la Ciudad de Manzanillo. Las coordenadas geográficas de la nave industrial son: latitud norte 19.0234 y longitud oeste 104.3206. Conforme a su destino (bodega de almacenamiento) la estructura se clasifica dentro del Grupo B, sin embargo, debido a que la nave industrial pertenece al sector energético corresponde al Grupo A, Clase 1 (A1).

El método para determinar las fuerzas sísmicas es el ANÁLISIS ESTÁTICO, que considera que los efectos dinámicos en la estructura producidos por el sismo se simularán mediante fuerzas estáticas equivalentes que actúan en la dirección del movimiento del terreno.

♦ Problemática

La representación 3D para la simulación de un análisis estático lineal en un software CAE y posterior fabricación y construcción, carece del diseño de la conexión entre los elementos columna-viga y viga-viga en dirección X-dirección Y, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Vista isométrica del modelo CAD y vista detallada de la falta de conexiones.



Fuente: Desarrollo propio.

Datos generales

La geometría y dimensiones de los elementos estructurales se muestran en la tabla 1, donde predominan las secciones IR.

Tabla 1. Datos geométricos de los elementos estructurales.

Elemento	Perfil (mm x kg/m)
Columnas	IR 610x155.0
Vigas en x	IR 457x144.3
Vigas en y	IR 533x138.3
Viga central	IR 457x144.3

Fuente Tomada de: (CFE, 2015).

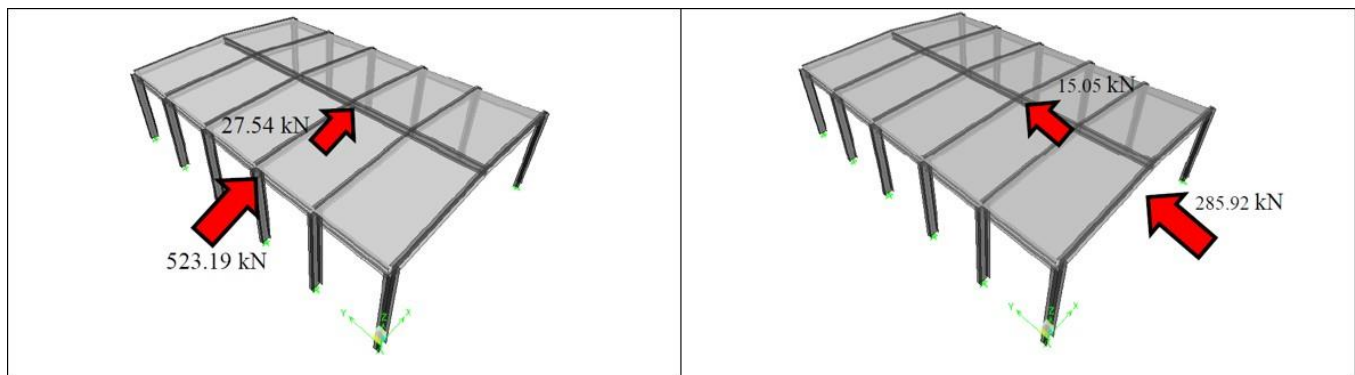
La figura 2 y la tabla 2 muestran el resumen de las cargas sísmicas a las cuales la estructura puede ser sometida y la dirección y lugar de aplicación de estas.

Tabla 2. Resumen de las cargas sísmicas a las que se somete la nave industrial.

Dirección	Sin estimar T_{e0}	Estimando T_{e0}	Relación
	V_n (kN)	V_n (kN)	%
X	787.77	523.19	34
Y	623.05	285.92	54

Tomada de: (CFE, 2015).

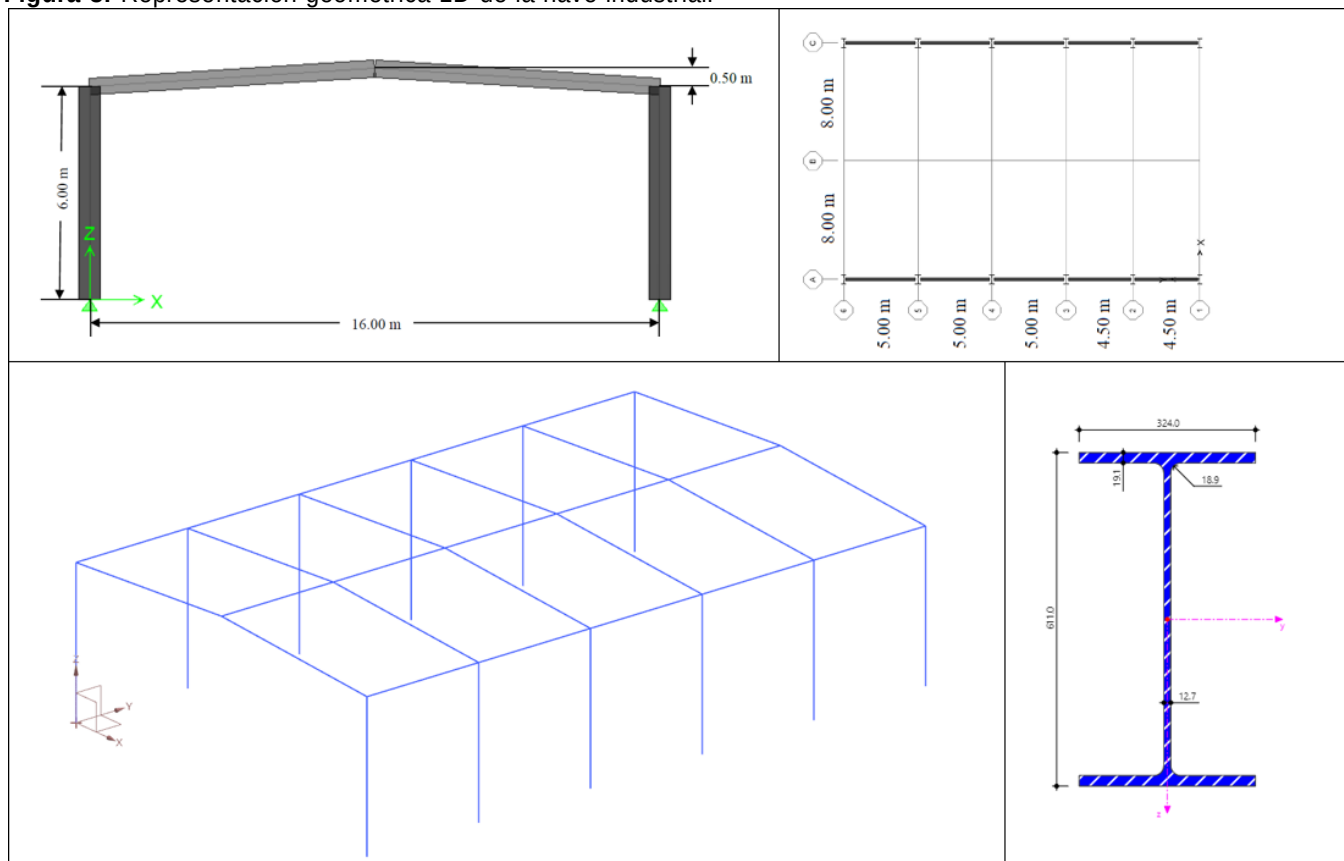
Figura 2. Dirección de las fuerzas sísmicas y localización de la aplicación.



Tomada de: (CFE, 2015).

La nave industrial tiene las siguientes dimensiones y configuración constructiva. El modelo CAD se ha dibujado y representado mediante elementos 1D (figura 3) por contener secciones regulares en toda su longitud.

Figura 3. Representación geométrica 1D de la nave industrial.



Fuente: Desarrollo propio.

Determinación de materiales

La tabla muestra la comparativa de los materiales entre la información que proporciona la biblioteca del software CAE NX Siemens y los del fabricante de acero comercial. Si el caso fuera no coincidente, se deberá crear un nuevo material. Se recomienda utilizar materiales de la biblioteca de NX, para considerar y aprovechar la mayor de propiedades físicas y mecánicas.

Tabla 3. Comparativa de propiedades de los materiales de simulación.

	Biblioteca NX Siemens	Fabricante de las secciones
Library Material:	Steel-Rolled	ASTM A-36
Mass Density (RHO):	7.85e-06 kg/mm ³	7,85 g/cm ³
Young's Modulus UN:	206000000 kPa	200 GPa
Poisson's Ratio (NU):	0.3	.26
Yield Strength:	235000 kPa	250 MPa
Ultimate Tensile Strength:	340000 kPa	400 – 550 MPa

Fuente: Desarrollo propio.

Una vez realizada la comparación se encontró que existen variaciones entre la biblioteca de NX y las características del acero A-36, por lo que para realizar el análisis el material se ingresa manualmente como “new material”.

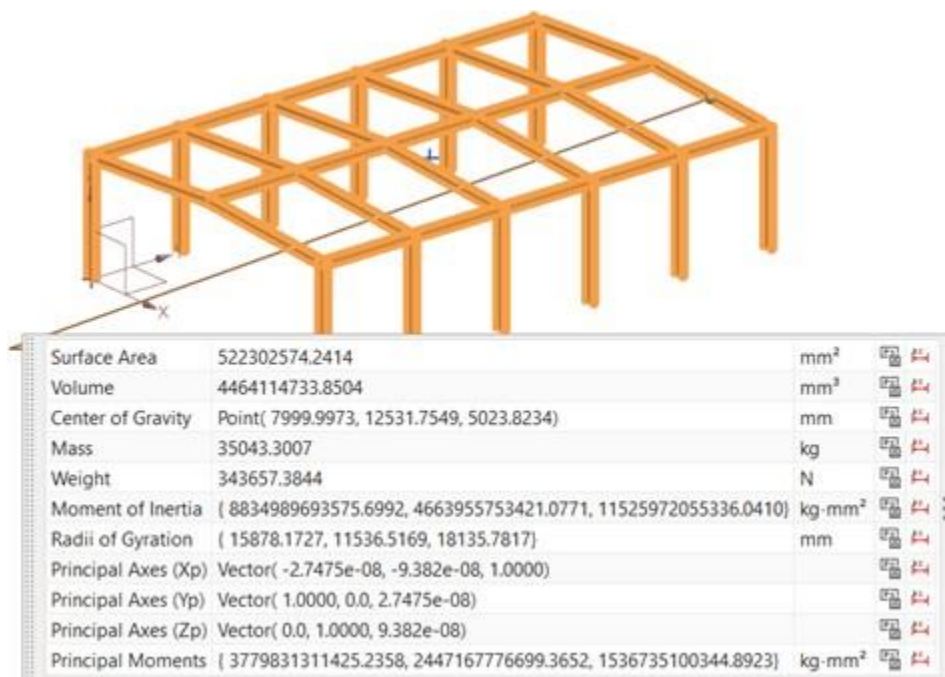
Determinación de esfuerzos y deformaciones

A partir del modelo CAD 1D de la nave industrial se han determinado 2 configuraciones para la aplicación de las cargas:

1. Única carga puntual en el centro de masas, unidas por elementos RB3 (figura 5).
2. Doce cargas puntuales distribuidas de manera proporcional en los nodos convenientes (figura 6).

Para la determinación del centro de masas o centro de gravedad se utilizó un modelo CAD 3D (figura 4), mediante la herramienta Measure Body, que proporciona las características geométricas y físicas.

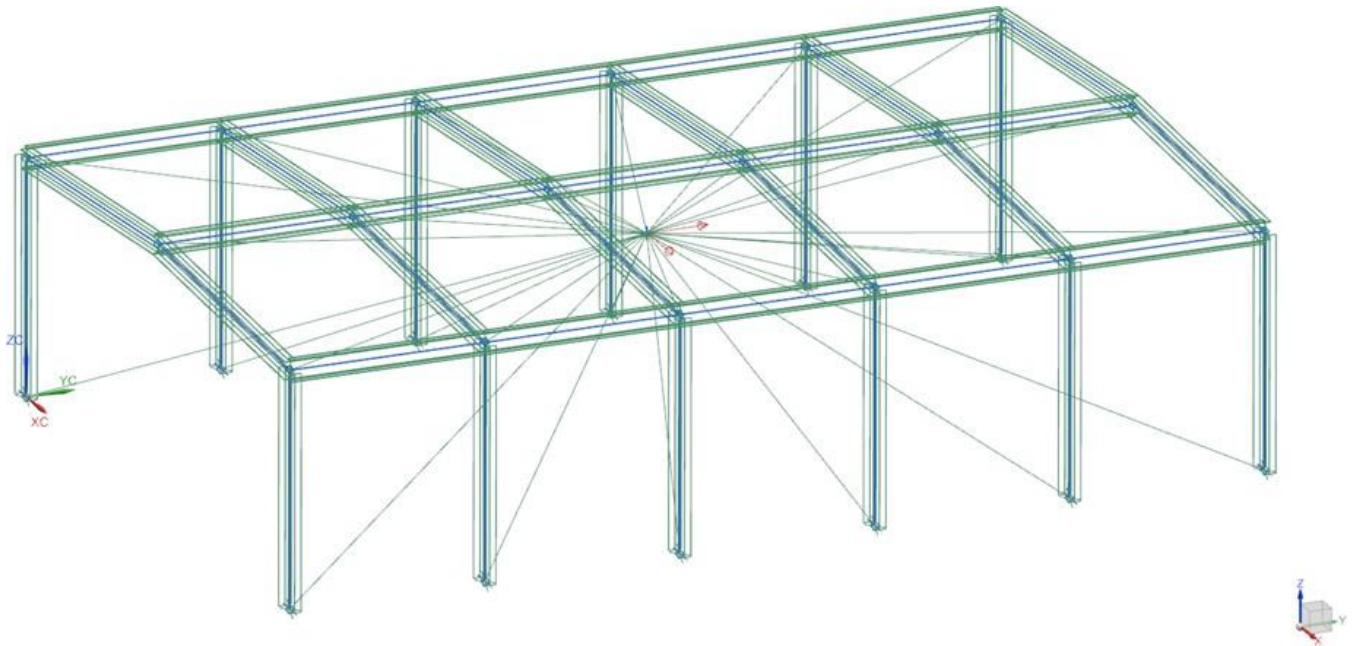
Figura 4. Determinación del centro de masas.



Fuente: Desarrollo propio.

Para aplicar la carga en el centro de masas se utiliza la herramienta agregar punto y se unen las zonas de interés (puntos de conexión), mediante elementos RB3, para obtener los datos de los esfuerzos normales y de flexión. El mallado o discretización se configura con un (1) elemento de malla por cada elemento estructural, lo cual se ha considerado por ser una sección transversal regular.

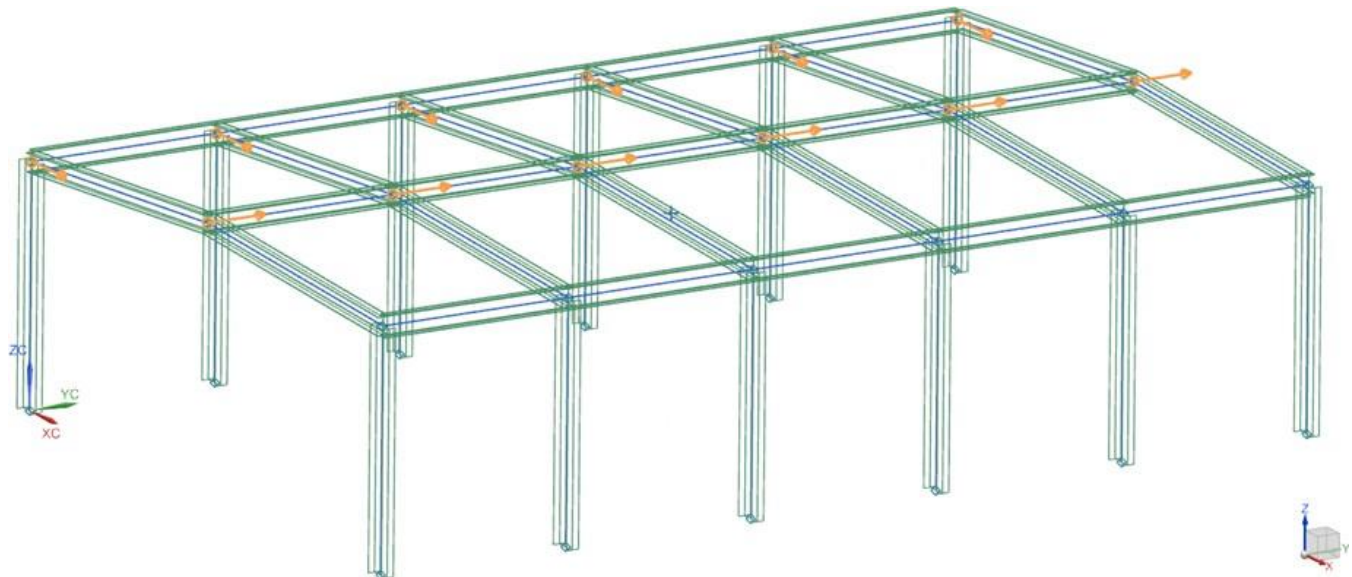
Figura 5. Carga única en el centro de masas.



Fuente: Desarrollo propio.

La aplicación de las cargas puntuales distribuidas se realiza de acuerdo con la condición de equilibrio.

Figura 5. Cargas puntuales distribuidas.

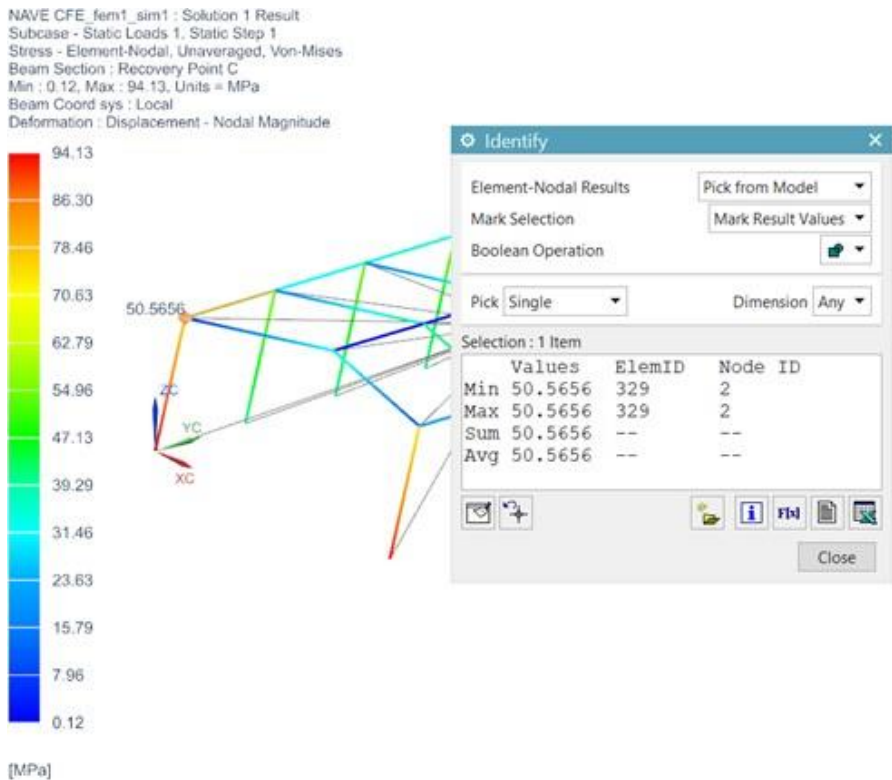


Fuente: Desarrollo propio.

En la figura 6 a la 12, se muestran los valores de los esfuerzos en los nodos superiores de la estructura que no se encuentran restringidos, para determinar el valor de interés que se presenta en las conexiones a diseñar.

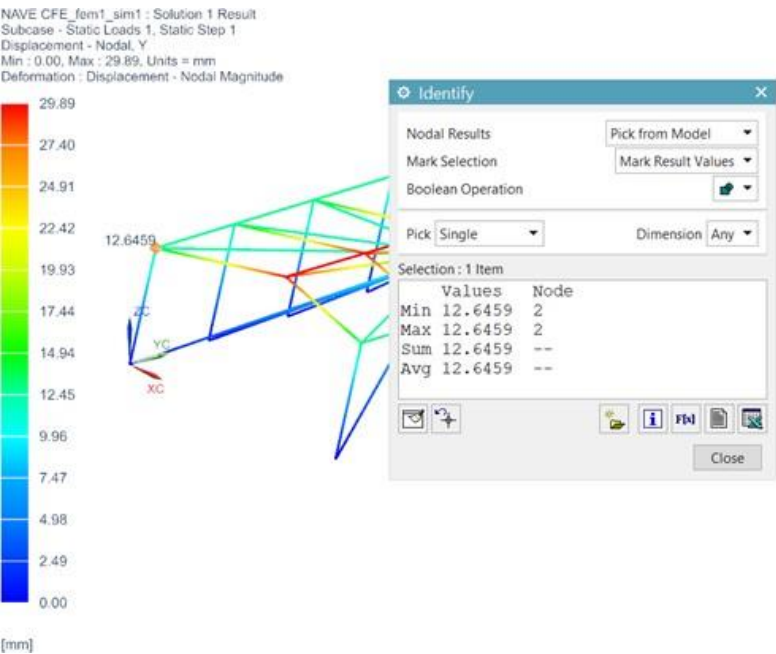
Siendo el nodo 2, el que presenta un valor máximo de esfuerzo de Von Misses de 50 MPa, en la dirección axial Y y transversal X, la conexión posterior del remate de la estructura.

Figura 6. Esfuerzo de Von Mises en la dirección Y



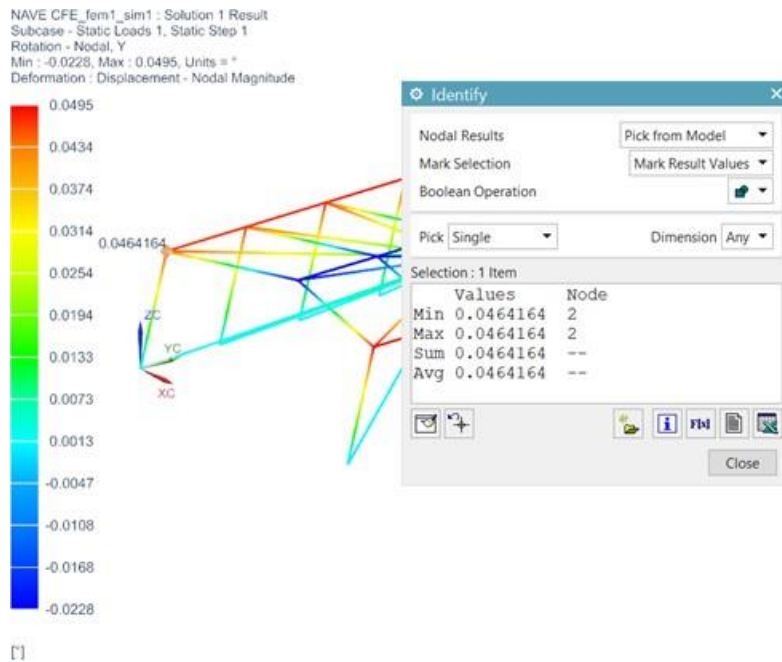
Fuente: Desarrollo propio.

Figura 7. Deformación en Y



Fuente: Desarrollo propio.

Figura 8. Rotación alrededor del Y



Fuente: Desarrollo propio.

Determinación de la fuerza en la dirección Y, sobre la viga.

Esfuerzo axial es igual a 50.566 MPa y el área es de 0.03848 metros cuadrados. Por medio de arelación lineal del esfuerzo axial, se tiene que

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Por lo tanto:

$$F = \sigma * A = 50566000 * 0.03848 = 214203.3 \text{ N}$$

Que proporciona una fuerza aproximada a 21.85 toneladas, la cual se aplica de manera normal aala sección transversal de la viga IR.

Validación de los resultados

La tabla 4, muestra el concentrado de los resultados y se verifican por condiciones de equilibrio externo, debido a que se obtienen valores no coincidentes. Encontrando que la sumatoria de las fuerzas aplicadas en el centro de masas el equilibrio externo es igual con cero.

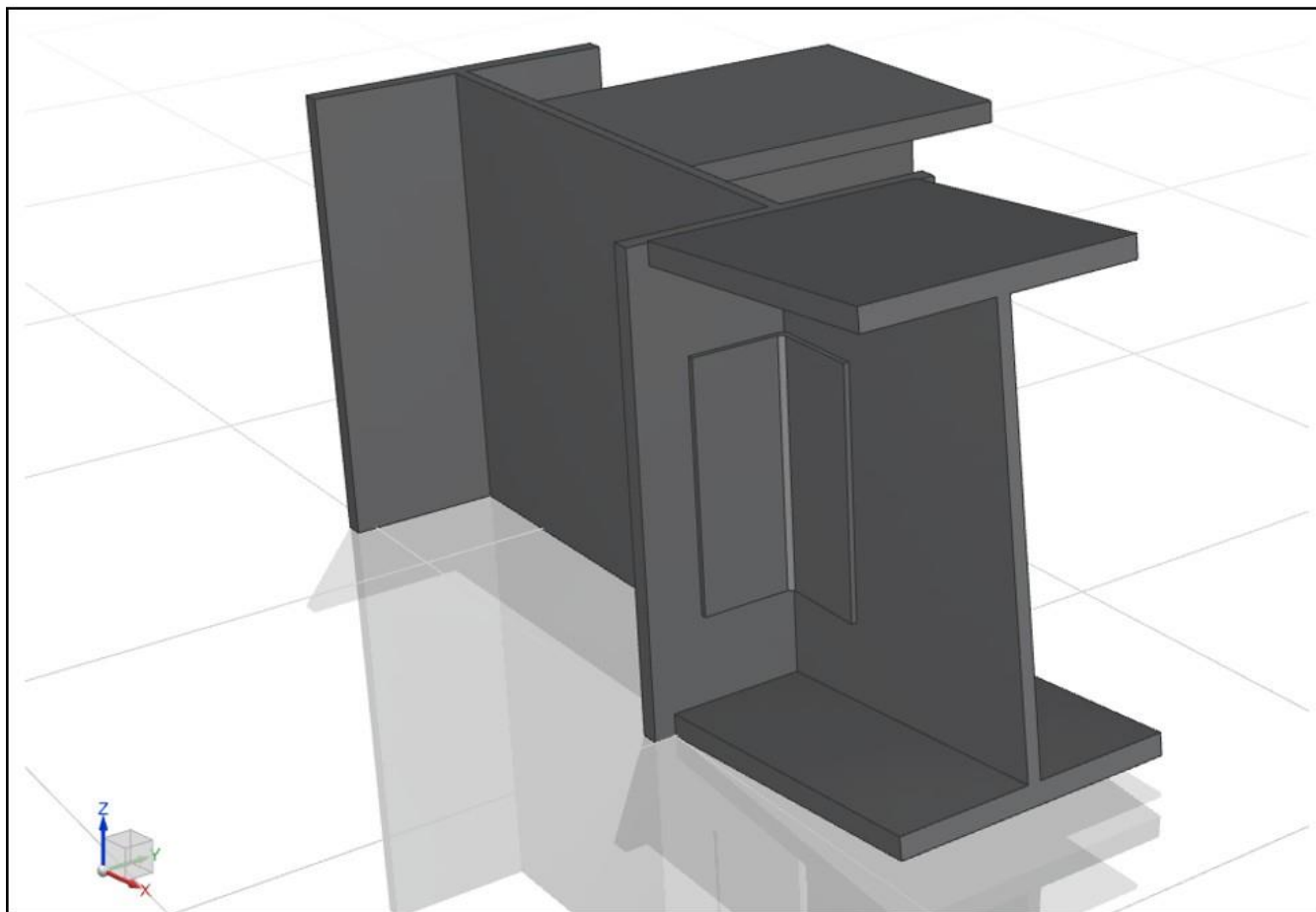
Tabla 4. Comparativa de resultados simulación estático lineal.

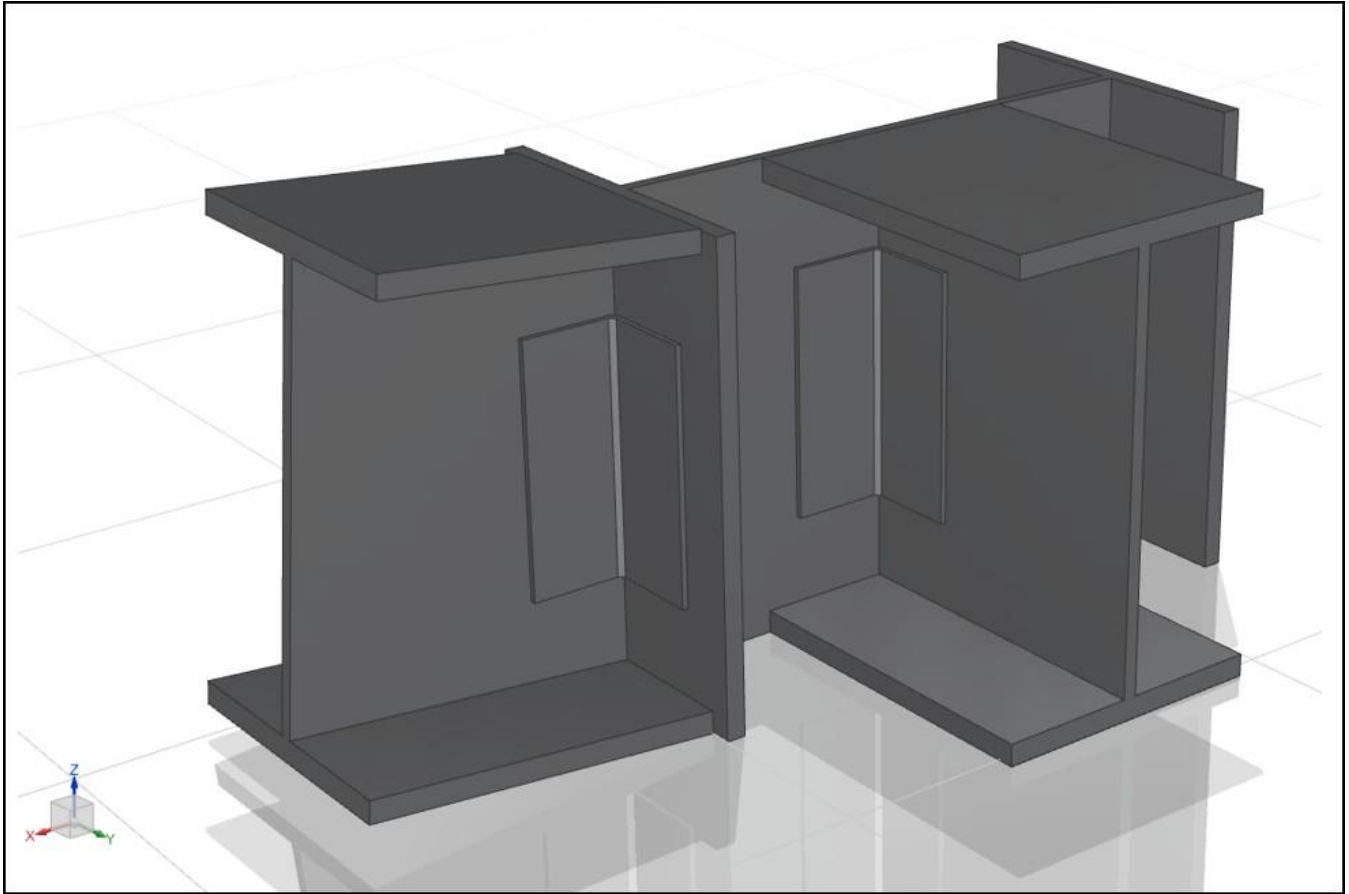
Modelo	Carga Aplicada	Centro de masas	Carga puntual distribuida
Desplazamiento X	---	4.73	7.6
Desplazamiento Y	---	29.89	102.7
Desplazamiento Z	---	0.56	1.86
Esfuerzo Von Misses	---	94.13	199.29
Fuerza de reacción en X	523190	-523190	-523188
Fuerza de reacción en Y	285920	-285920	-285918
Fuerza de reacción en Z	0	0	0

Fuente: Desarrollo propio.

PIEZA COMPLETA EN 3D

Instrucciones: En la sección de planos encontrará los detalles para realizar el CAD propio.





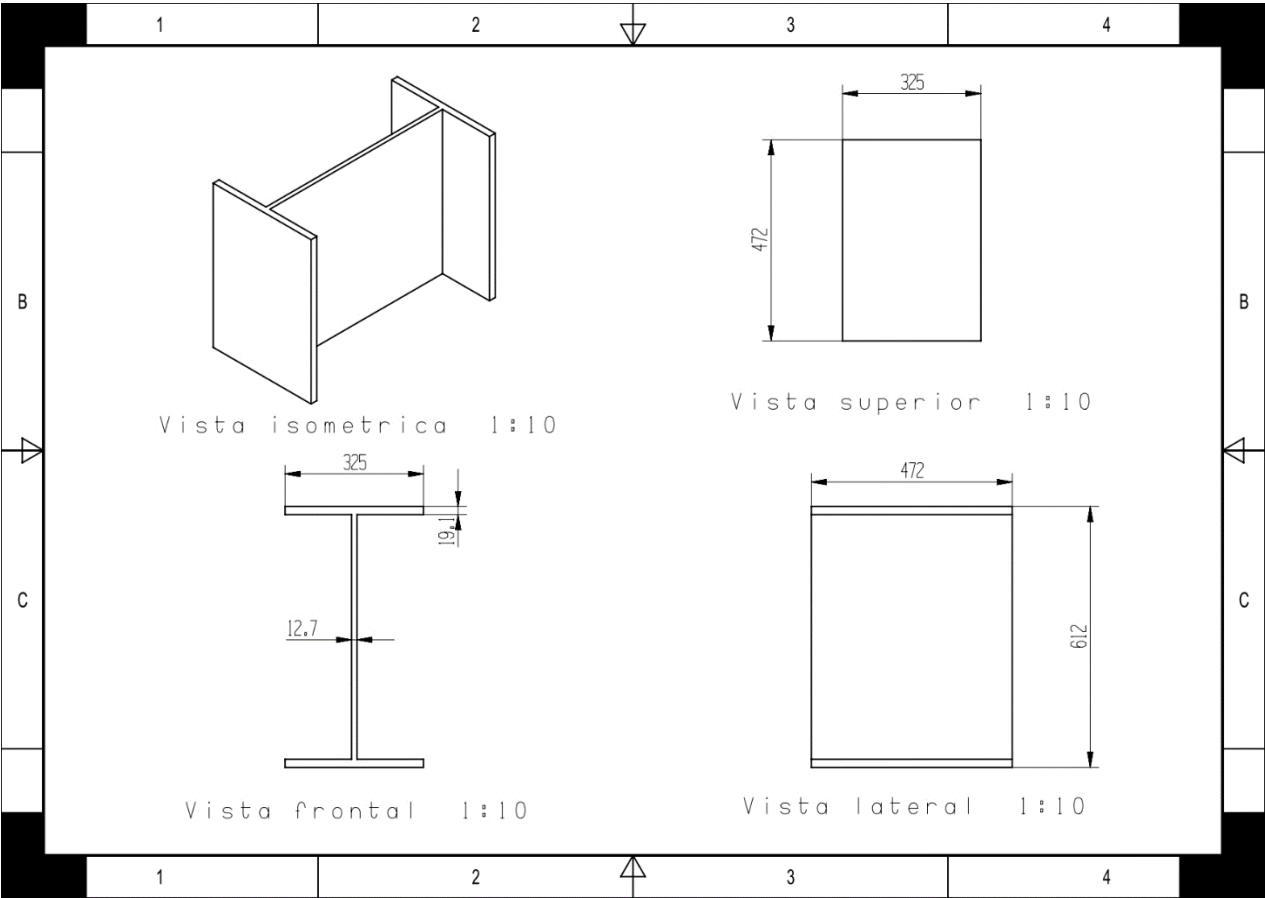
Figuras 1 y 2: Desarrollo propio.

INSTRUCCIONES

Realizar las piezas de los perfiles IR y el ángulo LI, posteriormente realizar el ensamble comose muestra en los planos del ensamble.

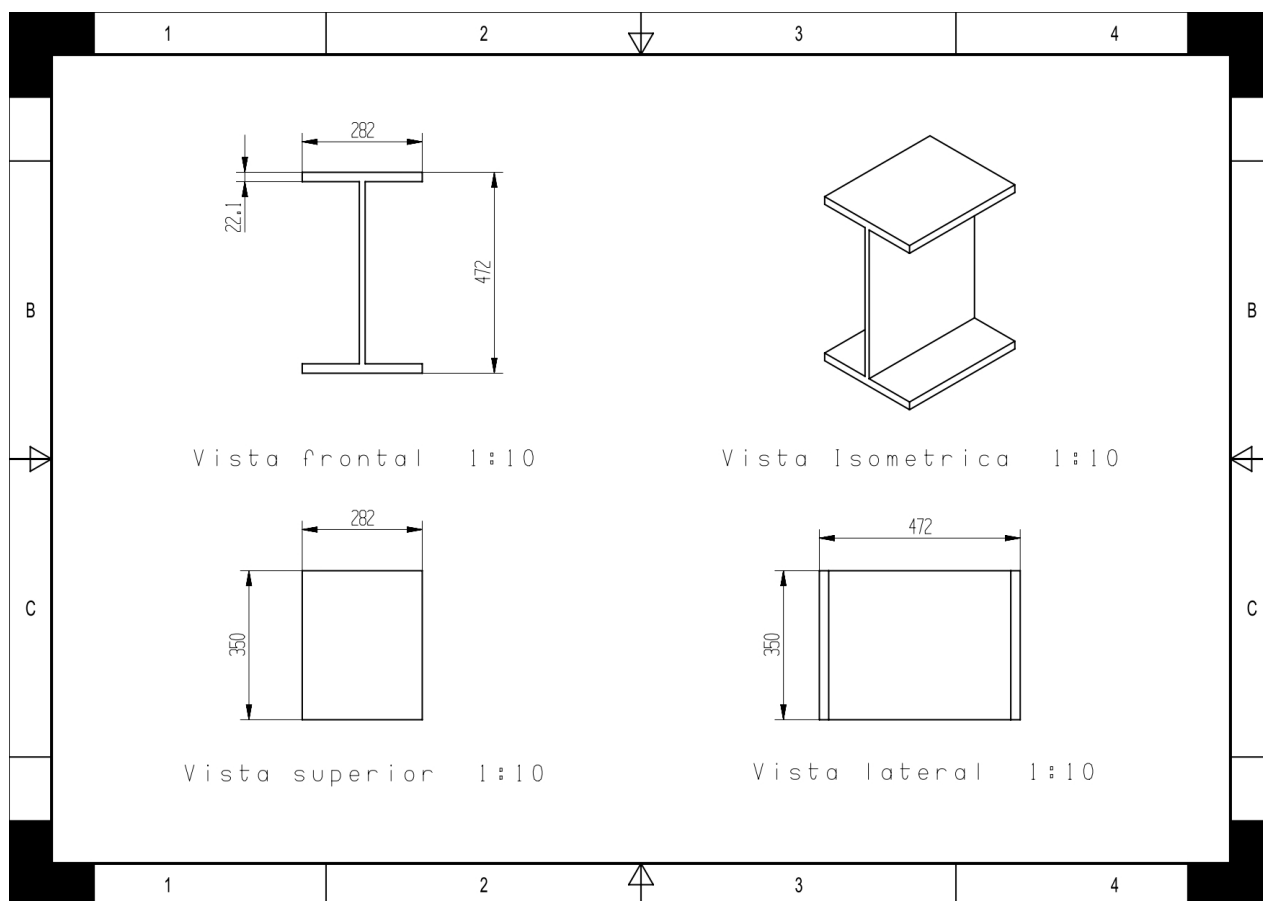
Planos de los elementos estructurales

- ♦ Perfil (IR) 610x155 (mm x kg/m)

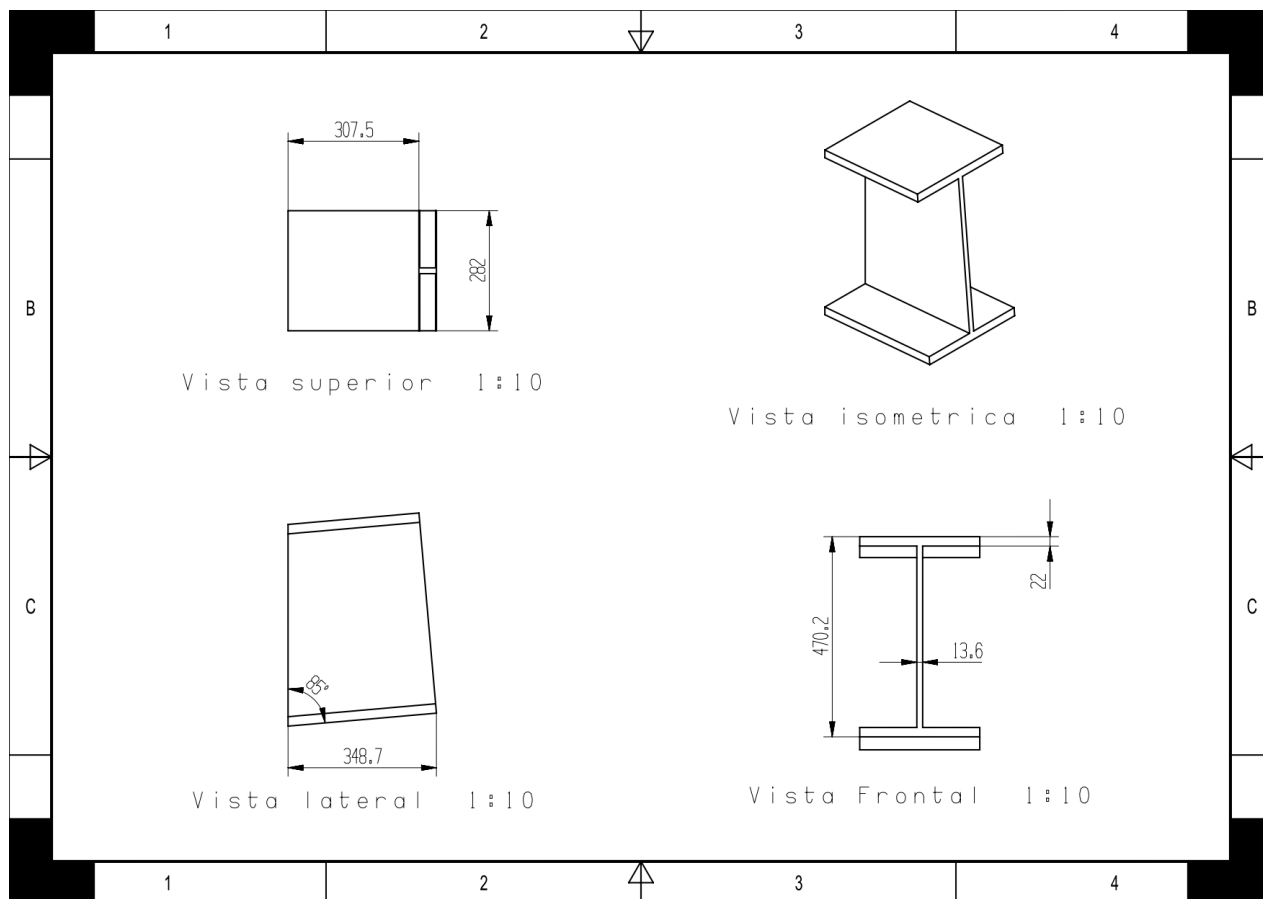


♦

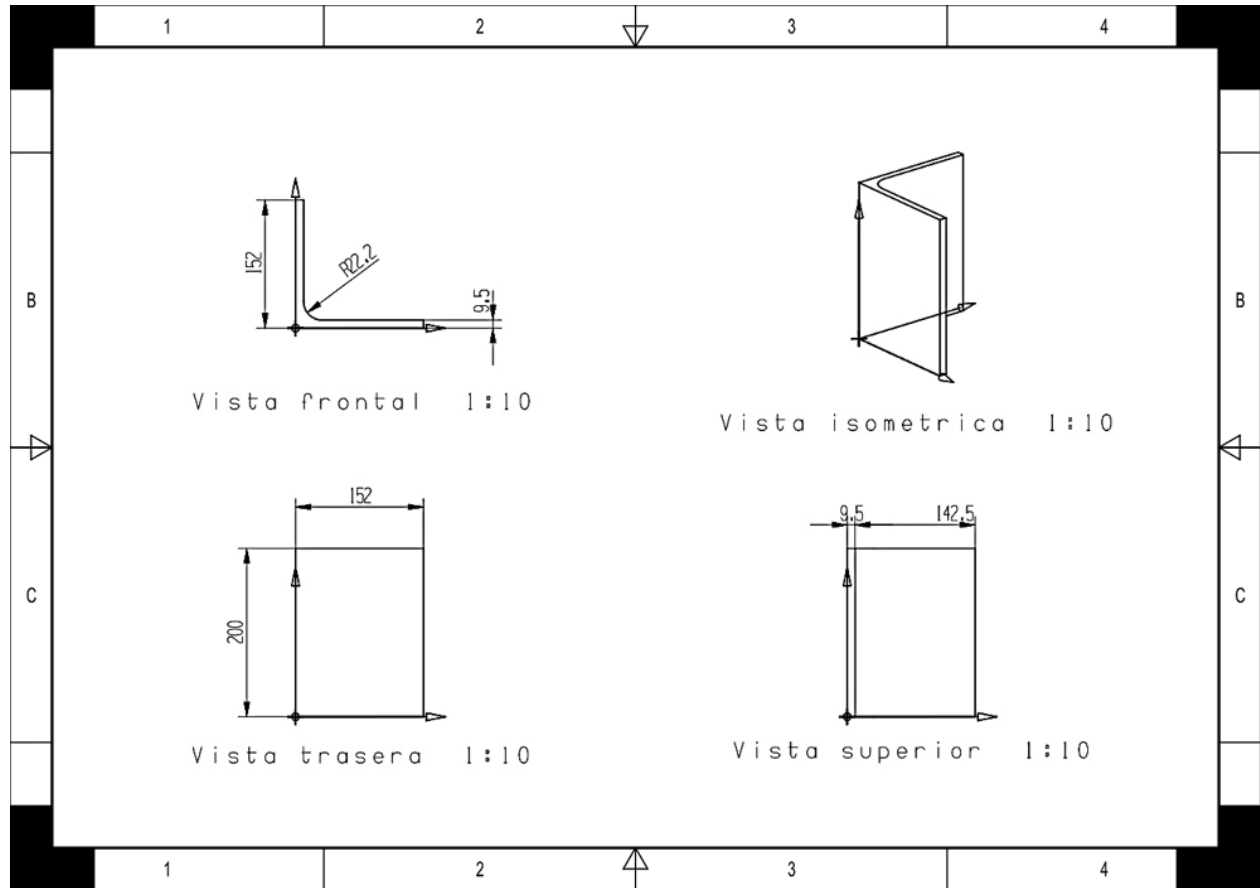
- Perfil (IR) 460x144 (mm x kg/m)



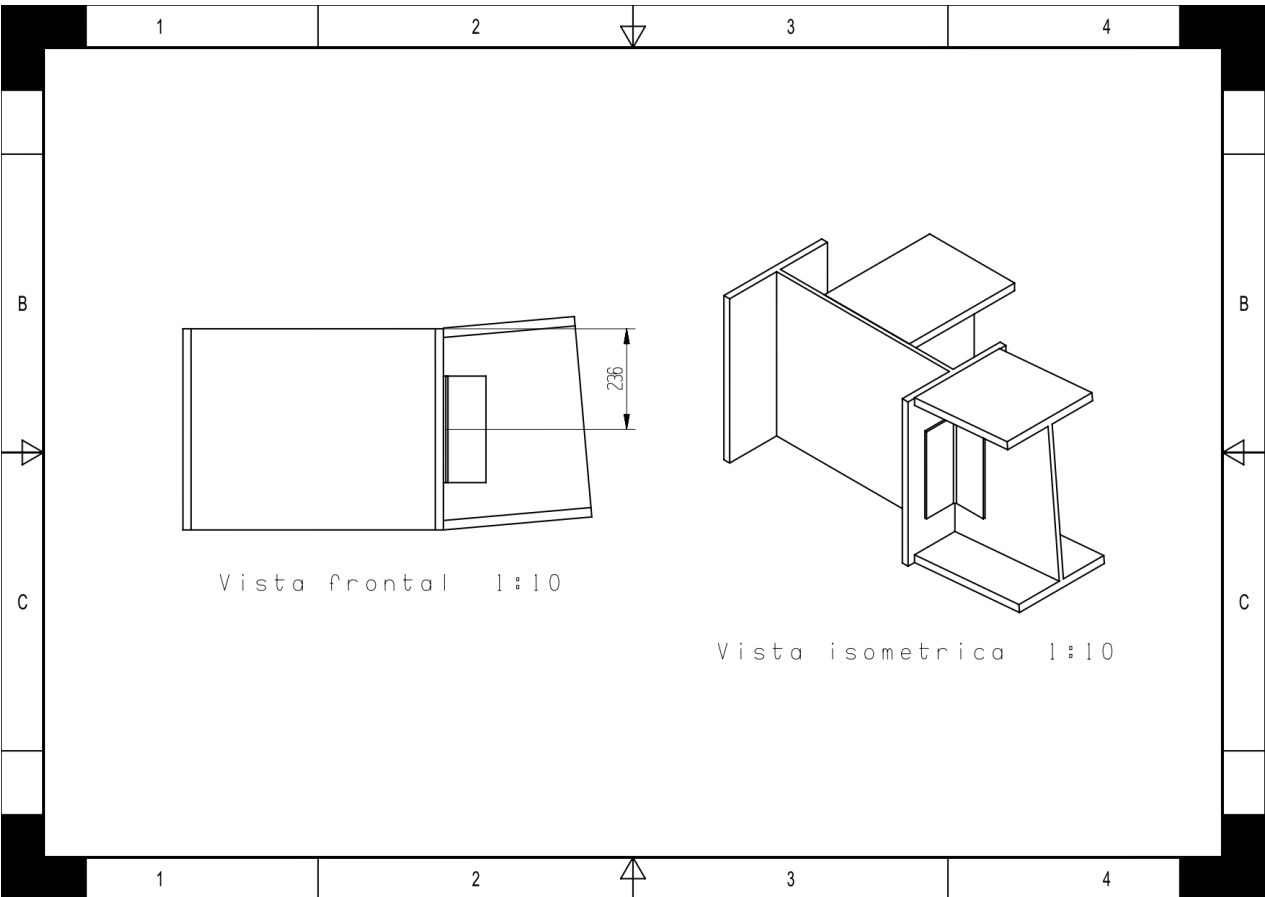
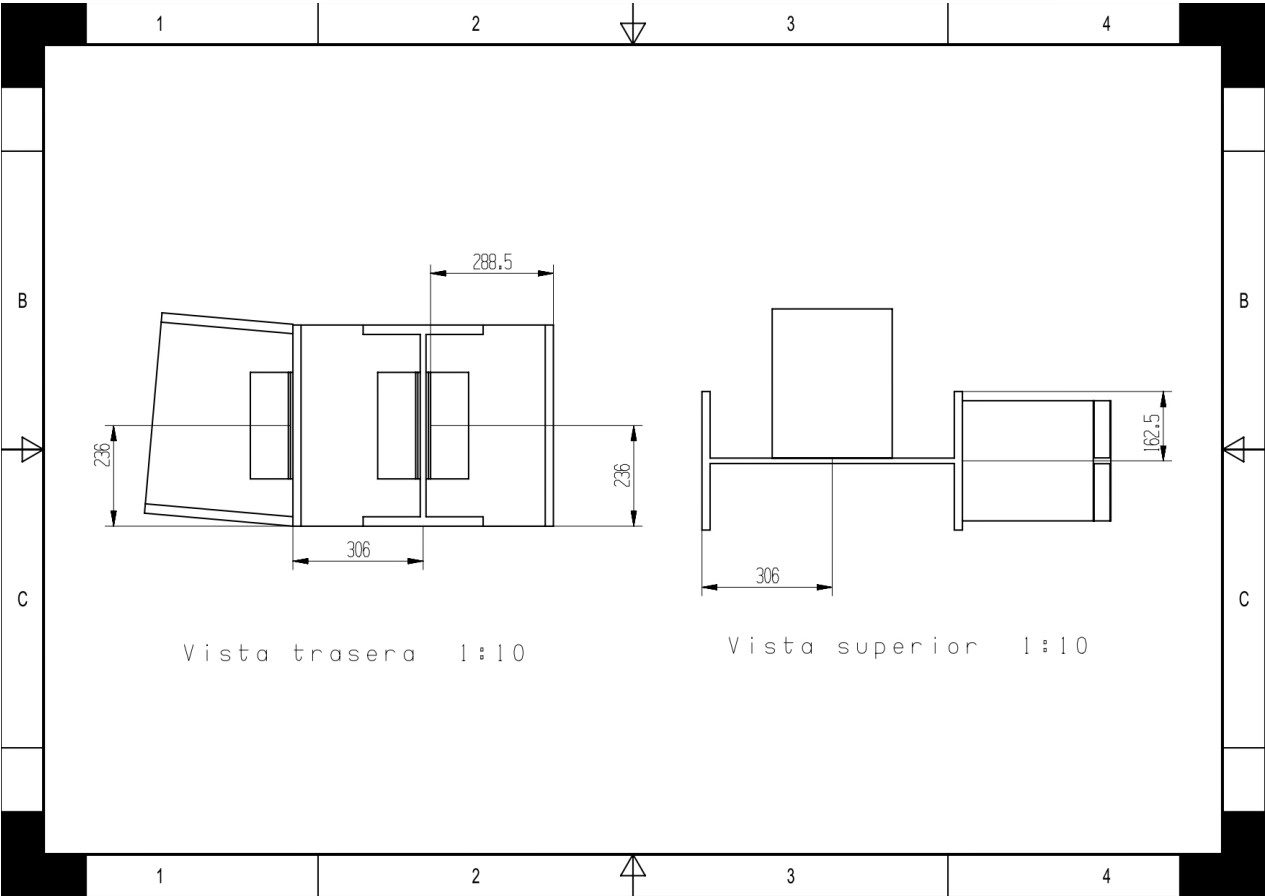
- ♦ Perfil (IR) 460x144 (mm x kg/m) con inclinación de 5°



- ♦ Ángulo (LI) 152x152x9.5



Planos del ensamble



Archivos:

<https://drive.google.com/drive/folders/12PHgUeAawP0p9oriA-mk5B93uLZdLQN?usp=sharing> <<https://drive.google.com/drive/folders/12PHgUeAawP0p9oriA-mk5B93uLZdLQN?usp=sharing>>

Propiedades mecánicas

Propiedades mecánicas

Los esfuerzos permisibles son aplicables a miembros prismáticos (componente con una sección transversal constante a lo largo de su longitud) sujetos a tensión axial producida por fuerzas que actúan a lo largo de su eje centroidal y se pueden presentar a tensión o a compresión. “*Fy*”, hace referencia a el esfuerzo de fluencia mínimo específico del acero utilizado, “*Fu*” corresponde a la resistencia mínima a la ruptura por tensión específica para el acero utilizado. El esfuerzo de tensión permisible *Ft*, no será mayor de .60*Fy* en el área total (Skyciv, 2022) (IMCA, 2022).

$$Ft = 0.60 Fy$$

El esfuerzo de tensión permisible no será mayor de 0.50 *Fu* en el área neta efectiva

$$Ft = 0.50 Fu$$

El esfuerzo permisible en el área neta a tensión del agujero para miembros conectados con pasador es de 0.45 *Fy*

$$Ft = 0.45 Fy$$

En la tabla 1 se presentan los esfuerzos *Fy* y *Fu* para aceros estructurales, donde la información de interes corresponde al Acero A-36.

Tabla 1: Esfuerzos *Fy* y *Fu* de aceros estructurales.

Nomenclatura		Fy (3)		Fu (4)	
NMX (1)	ASTM (2)	MPa	kg/cm²	MPa	kg/cm²
B-254	A36	250	2 530	400 a 550	4 080 a 5 620
B-99	A529	290	2 950	414 a 585	4 220 a 5 975
B-282	A242	290	2 950	435	4 430
		320	3 235	460	4 710
		345	3 515	485	4 920
B-284	A572	290	2 950	414	4 220
		345	3 515	450	4 570
		414	4 220	515	5 270
		450	4 570	550	5 620
	A992	345	3 515	450 a 620	4 570 a 6 330
B-177	A53	240	2 460	414	4 220
B-199	A500 (5)	320	3 235	430	4 360
B-200	A501	250	2 530	400	4 080
	A588	345 (6)	3 515 (6)	483 (6)	4 920 (6)
	A913	345 a 483 (7)	3 515 a 4 920 (7)	448 a 620 (7)	4 570 a 6 330 (7)

Tomada de: Grupo AHMSA; Manual de diseño para la construcción con acero (2013)

Diagrama Esfuerzo-Deformación

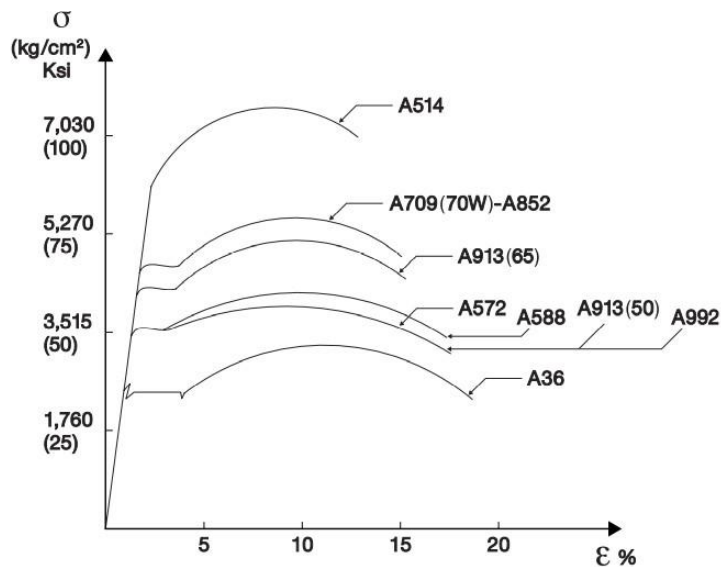
Esfuerzo-Deformación

Todos los miembros estructurales de acero están sometidos a esfuerzos internos producidos por las deformaciones permanentes durante el proceso de fabricación y laminación, la resistencia a las diversas solicitaciones de los miembros estructurales de acero depende de la forma del diagrama esfuerzo-deformación, y particularmente de los esfuerzos de fluencia F_y y de ruptura en tensión F_u .

Para el diseño de una estructura se busca el equilibrio entre fuerzas externas e internas de tal manera que se obtenga una estructura resistente. La gráfica debe mostrar una zona amplia de deformaciones crecientes bajo esfuerzo constante, con alargamiento a la ruptura no menor del 20% en probeta de 50 mm (2") y una zona de endurecimiento por deformación, tal que la relación entre la resistencia a la ruptura en tensión y el esfuerzo de fluencia, F_u / F_y esté comprendida entre 1.2 y 1.8 (AHMSA, 2013).

INSTRUCCIONES

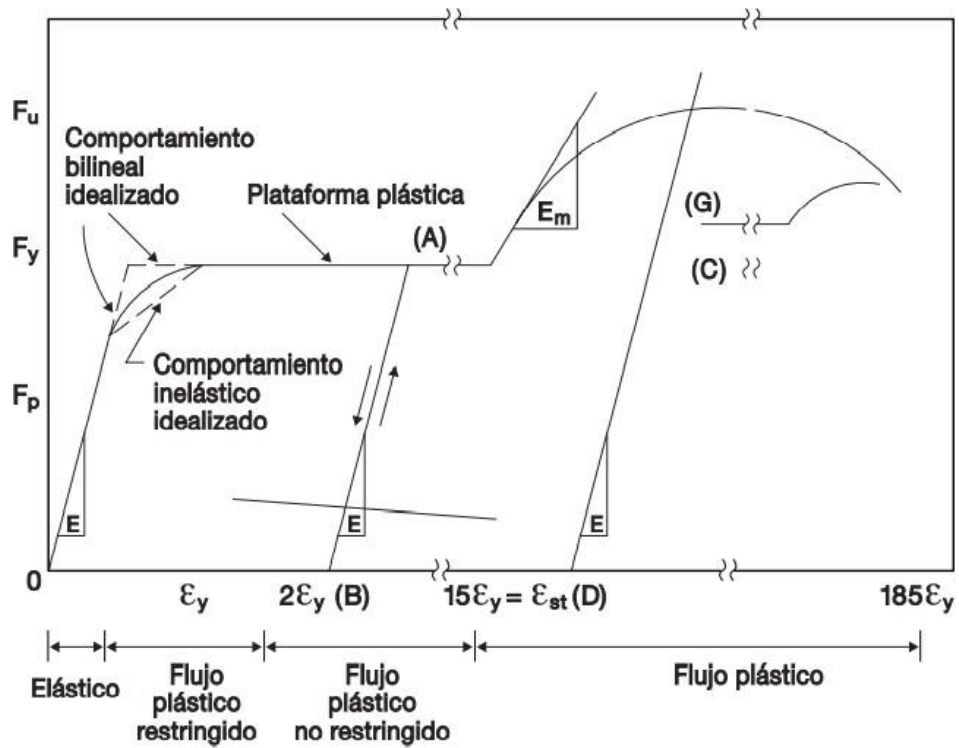
Gráfica 1:



Gráfica esfuerzo-deformación para varios grados de acero estructural.

Tomada de: Grupo AHMSA; Manual de diseño para la construcción con acero (2013)

Grafica 2:



Gráfica esfuerzo-deformación del acero.
Intervalos de comportamiento estructural.

Tomada de: Grupo AHMSA; Manual de diseño para la construcción con acero (2013)

Módulo de Poisson

Módulo de Poisson

Cuando un cuerpo es deformable se somete a una fuerza de tensión axial, no solo se alarga, sino que también se contrae de manera lateral. Las deformaciones en dirección longitudinal o axial y en la dirección lateral o radial son, respectivamente

$$\epsilon_{long} = \frac{\delta}{L} \text{ y } \epsilon_{lat} = \frac{\delta'}{r}$$

Dentro del rango elástico la razón de estas deformaciones es una constante, puesto que las deformaciones y son proporcionales, esta se denomina razón de Poisson y tiene un valor numérico que es único para cada material particular que sea homogéneo e isotrópico.

Expresado en forma matemática es:

$$\nu = - \frac{\epsilon_{lat}}{\epsilon_{long}}$$

El signo negativo se incluye aquí porque la elongación longitudinal (deformación positiva) ocasiona una contracción lateral (deformación negativa), y viceversa. La razón de Poisson es una cantidad adimensional y para la mayoría de los sólidos no porosos tiene un valor que se encuentra entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{3}$.

En la tabla 1 se muestra el cálculo del coeficiente de Poisson para el material seleccionado, acero A-36 (Hibbeler, 2011).

Tabla 1. Coeficiente de Poisson calculado en el Acero A36

Acero A36			
Fuerza (kg)	Deformación Unitaria Longitudinal	Deformación Unitaria Transversal	Coeficiente de Poisson $\mu = -\frac{\epsilon_T}{\epsilon_L}$
300	41	-13	0,3170731
600	29	-7	0,2413793
900	100	-25	0,25
1200	170	-46	0,2705882
1500	243	-65	0,2674897
1800	310	-84	0,2709677
2100	389	-105	0,2699228
2400	401	-124	0,3092269
2700	538	-147	0,2732342
3000	608	-166	0,2730263
Promedio:			0,2742908

Tomada de: Scribd (s.f.)

Actividad

Refuerza tus conocimientos

Realizar la siguiente actividad:

<https://puzzel.org/es/crossword/play?p=-NMIw89Qe1-iYR1yW3Sj>

`<https://puzzel.org/es/crossword/play?p=-NMIw89Qe1-iYR1yW3Sj>`

Teoría de diseño

Teoría de Von Mises

La teoría de distorsión máxima, también conocida como la teoría de Von Mises, ocurre cuando la energía de distorsión total en un volumen unitario es mayor que el valor de energía de distorsión correspondiente a la resistencia a fluencia en ese mismo volumen.

Utilizando las componentes xyz del esfuerzo tridimensional, el esfuerzo de Von Mises puede escribirse como:

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}}$$

En líneas discontinuas se muestra el hexágono correspondiente a la teoría del esfuerzo cortante máximo

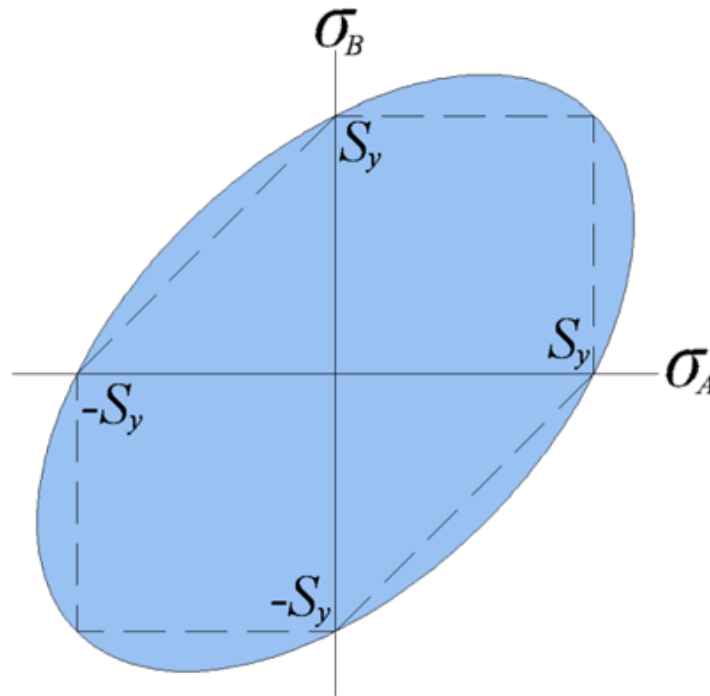


Figura 1: Representación de la teoría de fallo de Von Mises en el diagrama σ_1 - σ_2

Tomada de: (Universidad del país Vasco, 2021)

Diseño por resistencia permisible

El método de diseño por esfuerzos admisibles (ASD, por sus siglas en inglés) de acuerdo con el manual AISC se describe como los esfuerzos mecánicos que son producidos en los distintos elementos o secciones de la estructura, estos son calculados por medio de un análisis elástico, es decir, este método sólo toma en cuenta las cargas que tiene que soportar la estructura durante toda su vida por lo que las disposiciones principales se dan en términos de fuerza o momentos (Ruiz, 2016) (AISC, 2017).

Para ASD, la fuerza disponible se conoce como la fuerza permitida y todas las disposiciones de ASD están estructuradas de modo que la resistencia permitida debe ser igual o superior a la resistencia requerida, por lo tanto:

$$R_a \leq \frac{R_n}{\Omega}$$

Donde:

R_a = Fuerza requerida

R_n = Fuerza nominal

Ω = Factor de seguridad

Diseño por factores de carga y resistencia

El diseño por cargas y factores de resistencia (LRFD, por sus siglas en inglés) de acuerdo con el manual AISC se describe como el esfuerzo mecánico producido en los distintos elementos o secciones de la estructura multiplicado por factores de carga mayores a 1, esto debido a la incertidumbre que existe en el cálculo de las cargas y para prevenir futuros aumentos en las mismas. Este método permite hacer un análisis elasto-plástico, es decir, este método toma en cuenta las cargas últimas a las que podría estar sujeta una estructura en algún lapso de su vida útil (Ruiz, 2016).

Este método permite que el material desarrolle toda su ductilidad, reduciendo costos de construcción. El manual AISC asegura que las estructuras diseñadas mediante este método tienden a ser de un 5 a un 20% más livianas que las estructuras diseñadas por un método elástico. Las combinaciones de cargas de estructuras que se diseñan por este método son las siguientes:

1.4M+V
1.2M+1.6Va+.5(N o E)
1.2+1.6Va+.5Vi
1.2M+1.2Va+S+.3S

Tabla 1: Combinaciones de cargas para “LRFD”

Donde:	<i>S=Carga debida al sismo (revisión en ambas direcciones)</i>
<i>M=Carga muerta</i>	
<i>V= Carga Viva</i>	<i>N=Carga debida a la posible nieve</i>
<i>Va= Carga viva accidental</i>	<i>E=Carga debida al posible encharcamiento</i>
<i>Vi= Carga debida al viento (revisión en ambas direcciones)</i>	

Con estas cargas se obtienen los esfuerzos mínimos que tienen que resistir las secciones de la estructura, posteriormente el resultado se multiplica por el factor de seguridad, esto se basa en reducir el esfuerzo último multiplicándolo por un factor de reducción “Φ” menor o igual a 1 para asegurar que la sección nunca llegue a su falla.

Tabla 2: Factores de reducción de la capacidad de una sección del método “LRFD”

Tipo de esfuerzo	Factor de reducción
Tensión	.90
Ruptura por tensión	.75
Ruptura por cortante	.75
Compresión	.90
Flexión	.90
Cortante	.90
Cortante controlado	1.00
Flexo-compresión en secciones cerradas	1.00
Elementos compuestos con concreto	.65
Conectores con pernos	.65
Soldaduras	.75
Cortante en tornillos	.75
Aplastamiento en placas	.75

Tomada de: (Ruiz, 2016)

Ajustes y tolerancias

Ajustes y tolerancias

Para diseñar un elemento, pieza o parte, es necesario tener consideraciones de ajustes y tolerancias. Cuando se manufactura una pieza con procesos tradicionales de herrería, se presenta que los elementos estructurales, ya sean las vigas, perfiles, placas, etc., generalmente presentan una variación en el grosor de la pieza.

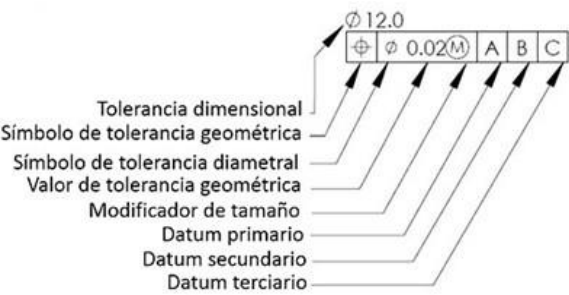


Figura 1: Ejemplo de rectángulo de tolerancias. Tomado de: (Prozion Metrology & Training, 2023).

Ajustes

Los ensambles de elementos de máquinas que están sujetos a movimientos de rotación requieren de acoplamientos de tipo: eje base (figura 1) o agujero base (figura 2), cuya aplicación depende del movimiento relativo de rotación o traslación a realizar (Grupo Tecnología Mecánica, 2023).

Dependiendo de la relación que exista entre la distancia de inferencia el tipo de ajuste será:

- Ajustes con juego, cuando el eje es menor que el agujero.
- Ajuste incierto, no se define la referencia de relación entre el eje y el agujero. Ajustes con aprieto, cuando el eje es mayor que el agujero, antes de ser montados.

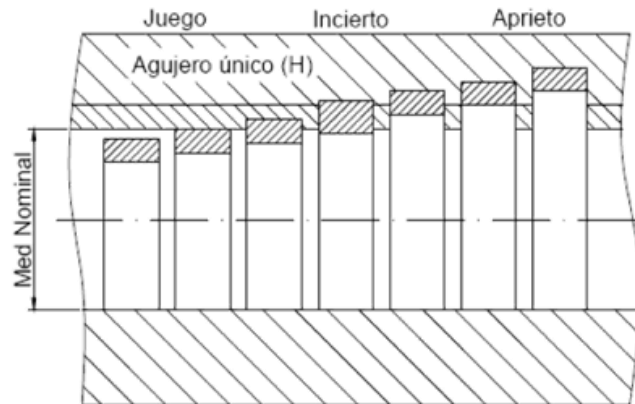


Figura 1. Tolerancias y Ajustes en eje base. Tomado de: (Rodríguez, 2023).

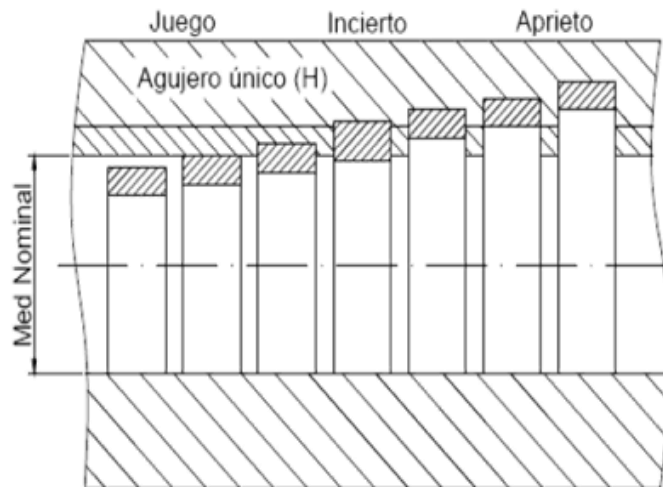


Figura 2. Tolerancias y Ajustes en agujero base. Tomado de: (Rodríguez, 2023).

Dimensiones y tolerancias geométricas (GD&T)

Como la geometría de los productos de fabricación por manufactura, impiden la obtención de dimensiones exactas entre cada una de sus piezas. El uso de las normas GD&T permiten aproximar en el diseño de un producto a los planos o dibujos de fabricación con la manufactura y especificaciones de estos (Gómez & Romero, 2007).

La dimensión y tolerancia geométrica (GD&T), es una expresión simbólica utilizada en planos y modelos de ingeniería para definir la desviación o variación permitida de la precisión geométrica de un producto que se fabrica o ensambla por procesos de manufactura.

Los elementos y componentes gráficos del lenguaje GD&T, se componen por: cotas, tolerancias, símbolos, definiciones, reglas y convenciones geométricas, que se utilizan para referir posiciones, orientaciones, tamaño y forma (figura 1 y figura 2) de cada modelo o diseño de un producto.

Figura 1. Tolerancias de forma. Tomado de: (PTC, 2023)

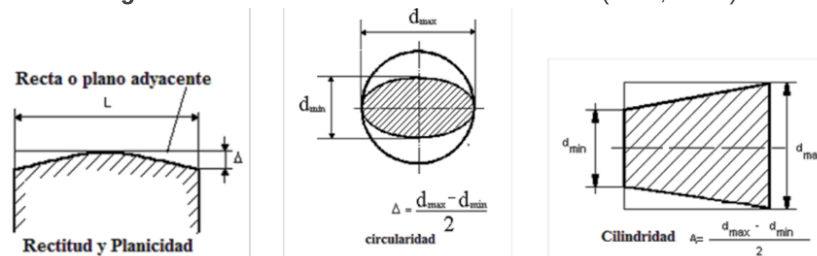
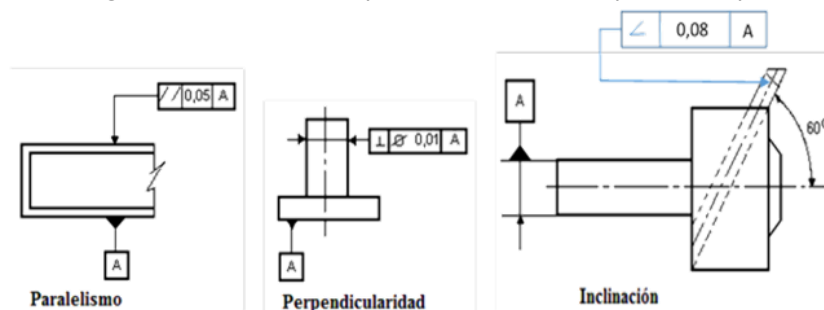


Figura 2. Tolerancias de posición. Tomado de: (PTC, 2023).



Las tolerancias GD&T (Espinosa & González, 2019) se clasifican en los siguientes tipos:

- Tolerancias geométricas, utilizadas cuando las tolerancias dimensionales, tienen limitaciones para comprobar una característica geométrica en el ensamble o montaje entre elementos geométricos.
- Tolerancias de forma que controlan las desviaciones del aspecto físico del elemento geométrico de las piezas, se incluyen dentro de este tipo, la tolerancia de: rectitud, planicidad, circularidad y cilindridad.
- Tolerancias de posición u orientación, pueden ser de: línea o plano, se clasifican como tolerancia de: paralelismo, perpendicularidad e inclinación.
- Tolerancias acumulativas, permiten controlar las desviaciones combinadas de forma y posición en su interacción. Representan variaciones de superficie de forma radial y axial.

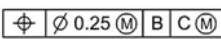
APPLICATION	TYPE	CHARACTERISTIC	SYMBOL
Individual Features	Form	Straightness	—
		Flatness	
		Circularity	
		Cylindricity	
Individual or Related Features	Profile	Line Profile	
		Surface Profile	
Related Features	Orientation	Angularity	
		Perpendicularity	
		Parallelism	
	Location	Position	
		Concentricity	
		Symmetry	
	Runout	Circular Runout	
		Total Runout	
 Datum  Feature Control Frame			

Figura 3. Resumen de los símbolos de tolerancia geométrica. Tomado de: (Formlabs, 2023)

Rectángulo de Tolerancia, la presentación en el plano de las características que permiten identificar las variaciones de las piezas por: orden el tipo de tolerancia, el valor de la tolerancia y la referencia, o las referencias, a los datum, y también se le puede añadir información adicional (Prozion Metrology & Training, 2023).

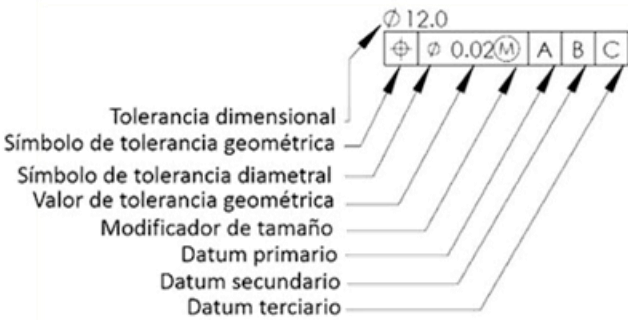


Figura 4. Ejemplo de rectángulo de tolerancias. Tomado de: (Prozion Metrology & Training,2023).

Actividad

Refuerza tus conocimientos

Realiza la siguiente actividad relacionada con el tema de la teoría de Von Mises:

https://es.educaplay.com/recursos-educativos/13856034-teoria_de_von_mises.html

<https://es.educaplay.com/recursos-educativos/13856034-teoria_de_von_mises.html>

Realiza la siguiente actividad relacionada con las teorías de diseño y ajustes y tolerancias:

<https://puzzel.org/es/crossword/play?p=-NMqn2sSqUVfrPAgtDfT>

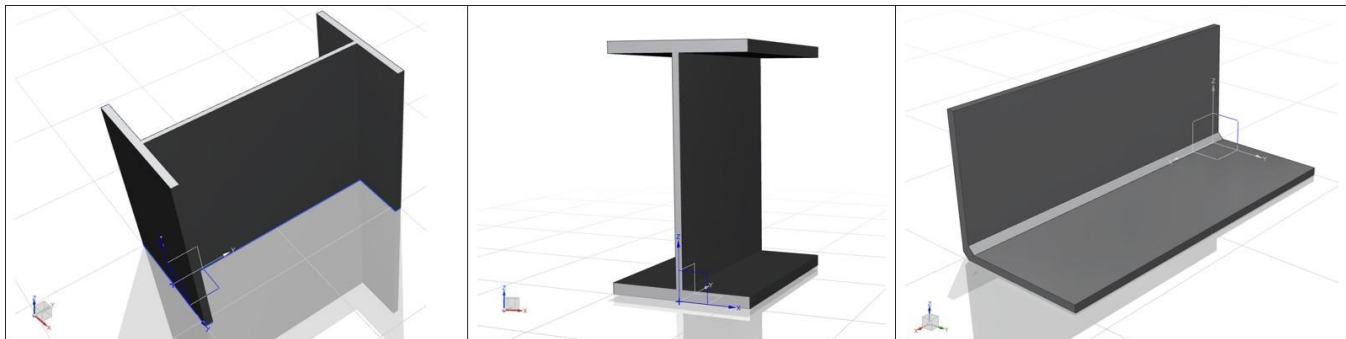
<<https://puzzel.org/es/crossword/play?p=-NMqn2sSqUVfrPAgtDfT>>

Selección de elementos estructurales (barras, vigas, marcos,placas)

Elementos estructurales

Los elementos estructurales utilizados para el desarrollo de la pieza fueron seleccionados del manual de diseño para la construcción con acero (AHMSA, 2013), entre los cuales se encuentranlos perfiles IR, placas de acero A-36 y ángulos LI.

Figura 1: Elementos estructurales



Fuente: Desarrollo propio.

Tabla 1: Especificaciones

Los perfiles estructurales son producidos conforme a las siguientes normas y especificaciones ASTM:	
ASTM A-6	Especificación general para dimensiones y tolerancias.
ASTM A-36	Acero estructural de 36 KSI mínimo de límite elástico y de 58-80 KSI de resistencia a la tensión.
ASTM A-572-50	Acero calidad estructural de alta resistencia y baja aleación de 50 KSI mínimo de límite elástico y 65 KSI mínimo de resistencia a la tensión.
ASTM A-992	Acero calidad estructural, cuya relación límite elástico / última tensión, debера ser menor o igual que 0.85 y el carbón equivalente de 0.45 máx.
Grado Dual A-36/A-572-50	Acero calidad estructural de alta resistencia y baja aleación de 50 KSI mínimo de límite elástico y 65-80 KSI de resistencia a la tensión.

Fuente: (AHMSA, 2013)

Propiedades	ASTM A-992	ASTM A-36	ASTM A-36 / A-572-50	Grado dual ASTM A-572-50
Límite elástico (KSI)	50 - 65	36 (mín)	50 (mín)	50 (mín)
Res. a la tensión (KSI)	65 (mín)	58 - 80	65 - 80	65 (mín)
% elongación en 8"	18 (mín)	20 (mín)	20 (mín)	18 (mín)
% elongación en 2"	21 (mín)	23 (mín)	23 (mín)	21 (mín)
% Carbono	0.23 (máx)	0.26 (máx)	0.22 (máx)	0.23 (máx)
% Manganeso	0.50 - 1.60	-	0.50 - 1.20	1.35 (máx)
% Fósforo	0.035 (máx)	0.04 (máx)	0.035 (máx)	0.04 (máx)
% Azufre	0.045 (máx)	0.05 (máx)	0.04 (máx)	0.05 (máx)
% Silicio	0.40 (máx)	0.40 (máx)	0.40 (máx)	0.40 (máx)
% Niobio o Columbio	0.05 (máx)	-	0.005 - 0.05	0.005 - 0.05
% Vanadio	-	-	0.005 - 0.05	0.005 - 0.05

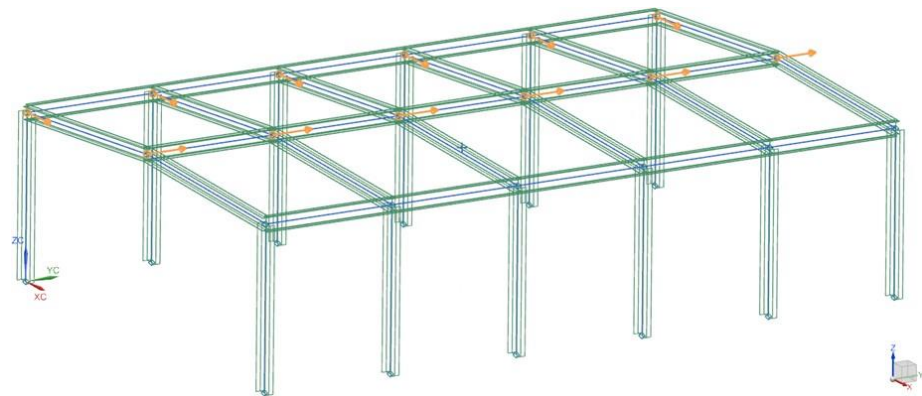
Tabla 2: Composición química y propiedades mecánicas.

Caso "Conexión"

Conexión de Nave Estructural

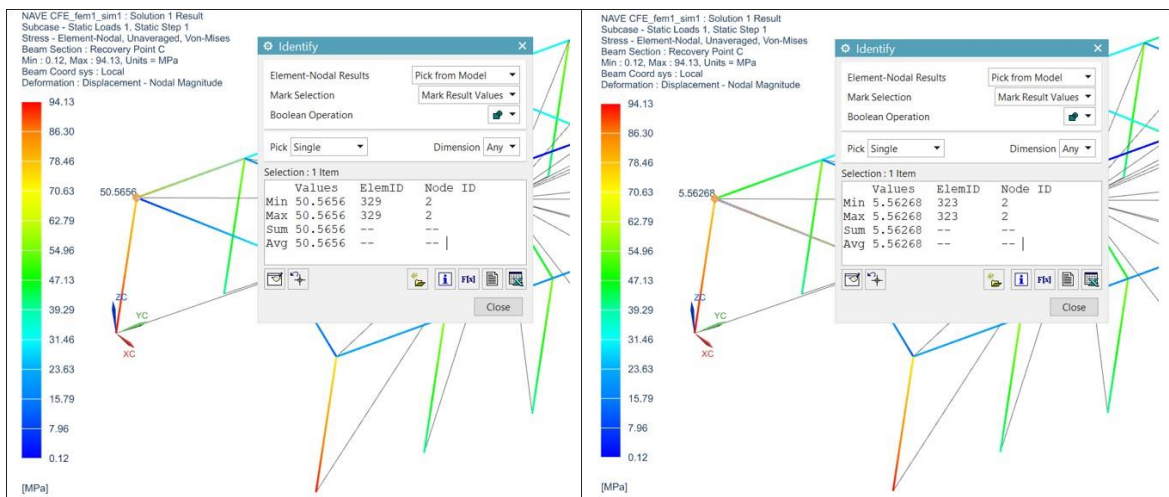
A partir del análisis 1D de la nave estructural, se obtuvo que las cargas aplicadas en el nodo 2(nodo de interés) se ejercen como: 50.5656 MPa en el eje X y 5.56268 MPa en el eje Y (Figura 2). Lanave se conforma de perfiles IR con conexiones de ángulos LI y placas, sabemos que las cargasaplicadas durante un sismo son de 523.19 kN en el eje X y de 285.92 kN en el eje Y. Las especificaciones de los materiales seleccionados se encuentran en los apartados de placas, ángulo y perfil.

Figura 1: Cargas puntuales distribuidas.



Fuente: Desarrollo propio.

Figura 2: Cargas aplicadas en el nodo 2.



Fuente: Desarrollo propio

Placas

Placas

Debido a las dimensiones de los elementos estructurales, se seleccionan placas de calibre 4 conun espesor de 5.69 mm (por propósitos de practicidad se redondea a 5.70 en el CAD del elemento).

Lámina Rolada en Caliente y/o Decapada

Calibre	Espesor		Peso		Peso teórico por hoja (kg.)					
	Pulg.	mm.	kg./pie ²	kg./m. ²	3' x 6'	3' x 8'	3' x 10'	4' x 8'	4' x 10'	5' x 10'
4	0.224	5.69	4.15	44.67	74.69	99.59	124.49	132.79	165.99	-
6	0.194	4.94	3.60	38.78	64.85	86.46	108.08	115.29	144.11	-
7	0.179	4.55	3.32	35.72	59.73	79.64	99.55	106.19	132.73	-
8	0.164	4.18	3.05	32.81	54.87	73.16	91.45	97.55	121.94	-
9	0.150	3.80	2.77	29.83	49.88	66.51	83.14	88.68	110.85	-
10	0.135	3.42	2.49	26.85	44.90	59.86	74.83	79.81	99.77	124.71
11	0.120	3.04	2.22	23.86	39.91	53.21	66.51	70.95	88.68	110.85
12	0.105	2.66	1.94	20.88	34.92	46.56	58.20	62.08	77.60	97.00
13	0.090	2.28	1.66	17.90	29.93	39.91	49.88	53.21	66.51	-
14	0.075	1.90	1.39	14.92	24.94	33.26	41.57	44.34	55.43	-
16	0.060	1.52	1.11	11.93	19.95	26.60	33.26	35.47	44.34	-

Nota: El peso es calculado considerando una densidad del acero de 7,850 kg./m.³

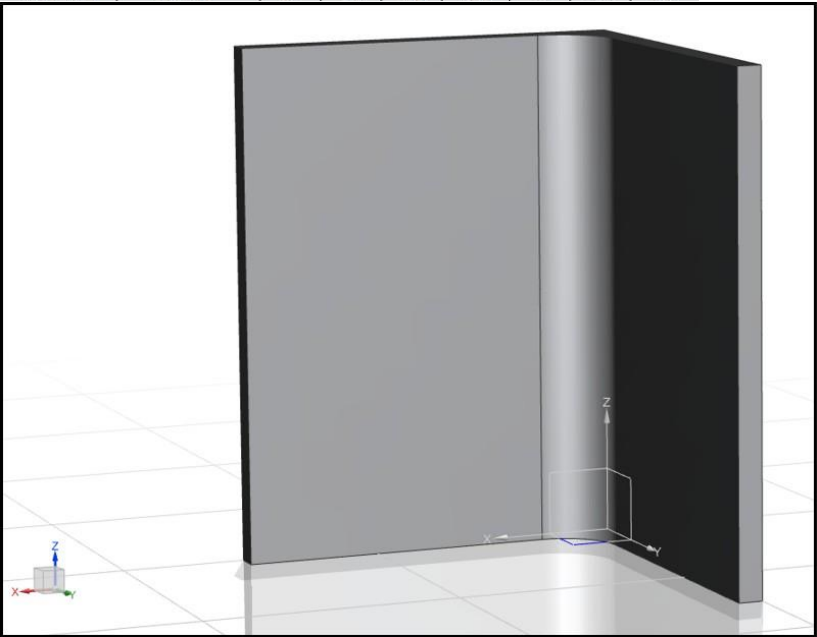
Tomada de: Aceromex; Catálogo de productos 2022.

Ángulo (LI)

Ángulo

Debido a las dimensiones de los perfiles IR se selecciona el ángulo LI de 152x152x9.5 con una resistencia de 22.2 kg/m.

VII.6 Perfiles L (LI-LD)		DIMENSIONES 1 de 3						
Designación (tamaños x t)	Designación (tamaños x t)	W	k	A	I _x	S _x	r _x	y _p
(mm x mm x mm)	(in x in x in)	(kg/m)	(mm)	(cm ²)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm)	(cm)
203 x 203 x 28.6	8 x 8 x 1-1/8	84.7	44.5	108	4 080	287	6.12	2.67
203 x 203 x 25.4	8 x 8 x 1	75.9	41.4	96.8	3 710	259	6.17	2.4
203 x 203 x 22.2	8 x 8 x 7/8	67	38.1	85.2	3 320	229	6.22	2.11
203 x 203 x 19	8 x 8 x 3/4	57.9	35.1	73.5	2 910	200	6.25	1.83
203 x 203 x 15.9	8 x 8 x 5/8	48.7	31.8	62	2 480	169	6.3	1.54
203 x 203 x 14.3	8 x 8 x 9/16	44	30.2	56	2 260	153	6.32	1.39
203 x 203 x 12.7	8 x 8 x 1/2	39.3	28.7	50	2 030	137	6.32	1.24
203 x 152 x 25.4	8 x 6 x 1	65.5	38.1	83.9	3 370	247	6.32	3.73
203 x 152 x 22.2	8 x 6 x 7/8	57.9	35.1	74.2	3 010	220	6.35	3.58
203 x 102 x 12.7	8 x 4 x 1/2	29	25.4	37.1	1 610	123	6.55	5.59
203 x 102 x 11.1	8 x 4 x 7/16	25.6	23.8	32.6	1 420	108	6.58	5.49
178 x 102 x 19	7 x 4 x 3/4	38.8	31.8	49.6	1 570	137	5.61	4.75
178 x 102 x 15.9	7 x 4 x 5/8	32.7	28.7	41.8	1 350	117	5.66	4.57
178 x 102 x 12.7	7 x 4 x 1/2	26.5	25.4	33.9	1 110	94.9	5.72	4.42
178 x 102 x 11.1	7 x 4 x 7/16	23.4	23.8	29.8	982	83.7	5.74	4.32
178 x 102 x 9.5	7 x 4 x 3/8	20.2	22.2	25.7	853	72.4	5.77	4.24
152 x 152 x 25.4	6 x 6 x 1	55.7	38.1	71	1 470	140	4.55	2.33
152 x 152 x 22.2	6 x 6 x 7/8	49.3	35.1	62.9	1 330	125	4.6	2.07
152 x 152 x 19	6 x 6 x 3/4	42.7	31.8	54.6	1 170	109	4.62	1.79
152 x 152 x 15.9	6 x 6 x 5/8	36	28.7	46	1 000	92.4	4.67	1.51
152 x 152 x 14.3	6 x 6 x 9/16	32.6	26.9	41.6	916	83.9	4.7	1.37
152 x 152 x 12.7	6 x 6 x 1/2	29.2	25.4	37.2	828	75.2	4.72	1.22
152 x 152 x 11.1	6 x 6 x 7/16	25.6	23.8	32.8	733	66.5	4.72	1.07
152 x 152 x 9.5	6 x 6 x 3/8	22.2	22.2	28.3	641	57.5	4.75	0.927
152 x 152 x 7.9	6 x 6 x 5/16	18.5	20.7	23.7	541	48.3	4.78	0.777
152 x 102 x 22.2	6 x 4 x 7/8	40.3	35.1	51.5	1 150	117	4.72	3.66
152 x 102 x 19	6 x 4 x 3/4	35	31.8	44.8	1 020	102	4.78	3.51



Tomada de: Grupo AHMSA; Manual de diseño para la construcción con acero (2013)

Perfil IR

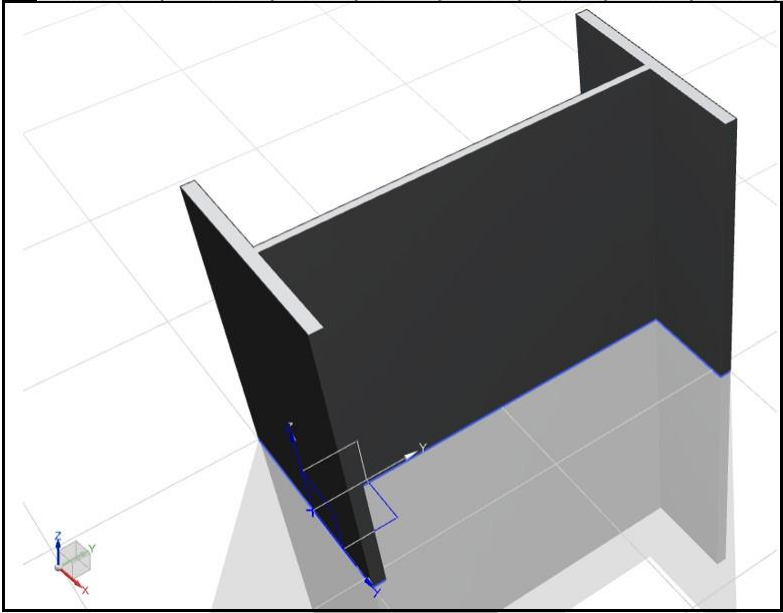
Perfil IR

Se utilizan dos tipos de vigas IR

- Perfil (IR) 610x155 (mm x kg/m)

VII.1 Perfiles W (IR)

Designación (d x peso)	Designación (d x peso)	d (mm)	b _f (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	K _{DIS} (mm)	K _{DET} (mm)	K ₁ (mm)
(mm x kg/m)	(in x lb/ft)							
690 x 125	27 x 84	678	254	11.7	16.3	31.5	39.7	27.0
610 x 551	24 x 370	711	348	38.6	69.1	81.8	92.1	39.7
610 x 498	24 x 335	699	343	35.1	63	75.7	85.7	38.1
610 x 455	24 x 306	688	340	32	57.9	70.6	81	36.5
610 x 415	24 x 279	678	338	29.5	53.1	65.8	76.2	36.5
610 x 372	24 x 250	668	335	26.4	48	60.7	71.4	34.9
610 x 341	24 x 229	660	333	24.4	43.9	56.6	66.7	33.3
610 x 307	24 x 207	653	330	22.1	39.9	52.6	63.5	31.8
610 x 285	24 x 192	648	330	20.6	37.1	49.8	60.3	31.8
610 x 262	24 x 176	640	328	19.1	34	46.7	57.2	30.2
610 x 241	24 x 162	635	330	17.9	31	43.7	54	30.2
610 x 217	24 x 146	627	328	16.5	27.7	40.4	50.8	28.6
610 x 195	24 x 131	622	328	15.4	24.4	37.1	47.6	28.6
610 x 174	24 x 117	617	325	14	21.6	34.3	44.5	28.6
610 x 155	24 x 104	612	325	12.7	19.1	31.8	41.3	27.0
610 x 153	24 x 103	622	229	14	24.9	37.6	47.6	28.6
610 x 140	24 x 94	617	230	13.1	22.2	35.1	44.5	27.0
610 x 125	24 x 84	612	229	11.9	19.6	32.3	42.9	27.0



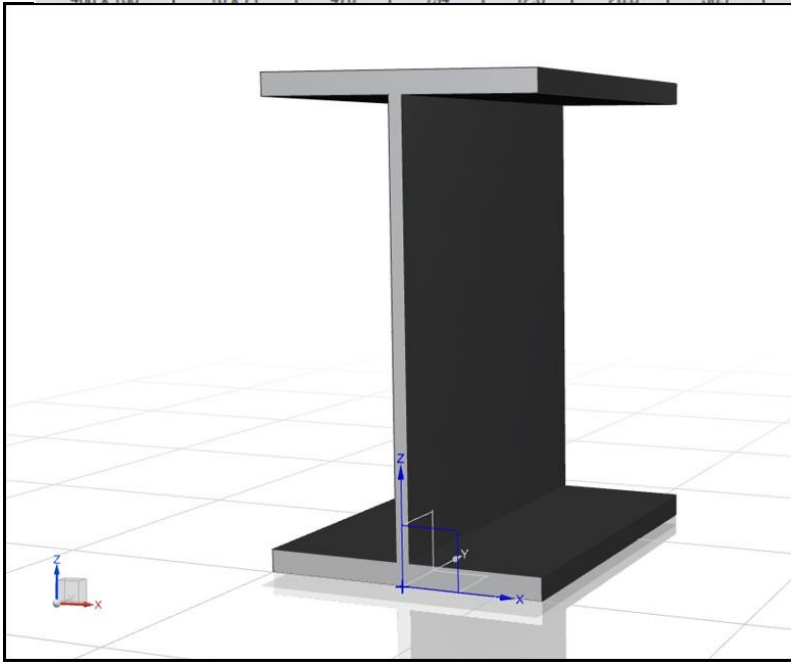
Tomada de: (AHMSA, 2013)

- Perfil (IR) 460x144 (mm x kg/m)

VII.1 Perfiles W (IR)

DIMENSIONES 4 de 6

Designación (d x peso) (mm x kg/m)	Designación (d x peso) (in x lb/ft)	d (mm)	b _f (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	K _{DIS} (mm)	K _{DET} (mm)	K ₁ (mm)
460 x 235	18 x 158	500	287	20.6	36.6	46.7	60.3	31.8
460 x 213	18 x 143	495	284	18.5	33.5	43.7	55.6	30.2
460 x 193	18 x 130	490	284	17	30.5	40.6	52.4	30.2
460 x 177	18 x 119	483	287	16.6	26.9	37.1	49.2	30.2
460 x 158	18 x 106	475	284	15	23.9	34	46	28.6
460 x 144	18 x 97	472	282	13.6	22.1	32.3	44.5	28.6
460 x 128	18 x 86	467	282	12.2	19.6	29.7	41.3	27.0
460 x 113	18 x 76	462	279	10.8	17.3	27.4	39.7	27.0
460 x 106	18 x 71	470	194	12.6	20.6	30.7	38.1	22.2



Tomada de: (AHMSA, 2013)

Apoyos o restricciones

Apoyos

Los apoyos son definidos por los grados de libertad de movimiento que presenta una viga horizontal frente a la acción de las fuerzas internas actuantes en una sección que pueden ser axiales, cortantes y de momento flector (Nieto, 2022).

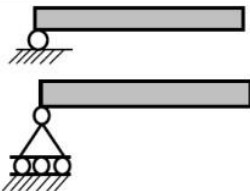
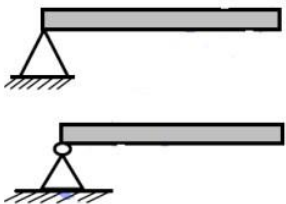
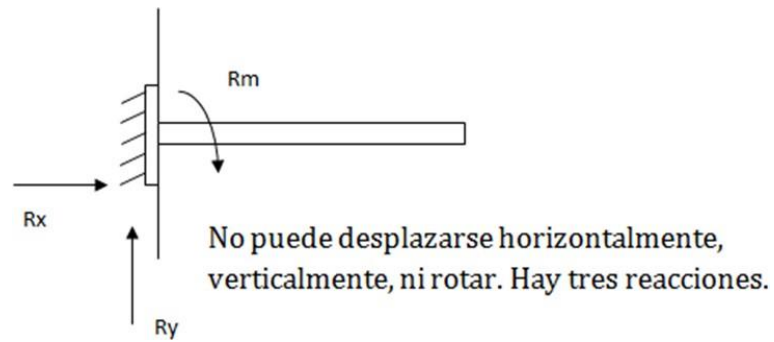
APOYOS, DESPLAZAMIENTOS Y REACCIONES PARA VIGAS			
Tipo de apoyo	Figura	Desplazamientos μ	Reacciones f_b
Empotrado		$\Delta_y = 0$ $\Delta_x = 0$ $\varphi = 0$	$V_y \neq 0$ $V_x \neq 0$ $M \neq 0$
Apoyo simple o rodillo		$\Delta_y = 0$ $\Delta_x \neq 0$ $\varphi \neq 0$	$V_y \neq 0$ V_x no existe M no existe
Apoyo fijo o pasador		$\Delta_y = 0$ $\Delta_x = 0$ $\varphi \neq 0$	$V_y \neq 0$ $V_x \neq 0$ M no existe

Tabla 1: Tomada de (Nieto, 2022)

Empotrado

Empotrado

Un apoyo empotrado produce un momento y reacciones en los ejes ordenados en X y Y (Abril, s.f.)

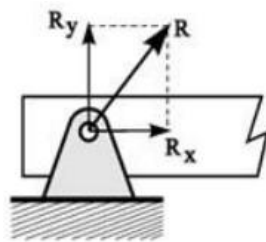


Tomada de: (Apoyos y reacciones de un cuerpo rígido, s.f.)

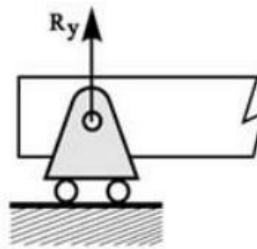
Articulación

Articulación

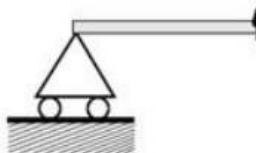
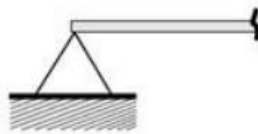
Los apoyos articulados tienen libre movimiento en la dirección del eje x , así como giro en el plano xy . La reacción es una fuerza perpendicular al plano x . En el apoyo articulado fijo El desplazamiento está impedido en el eje x y en el eje y . Las reacciones son en las direcciones de estos dos ejes (Búa, s.f.).



Apoyo Articulado Fijo



Apoyo Articulado Movil

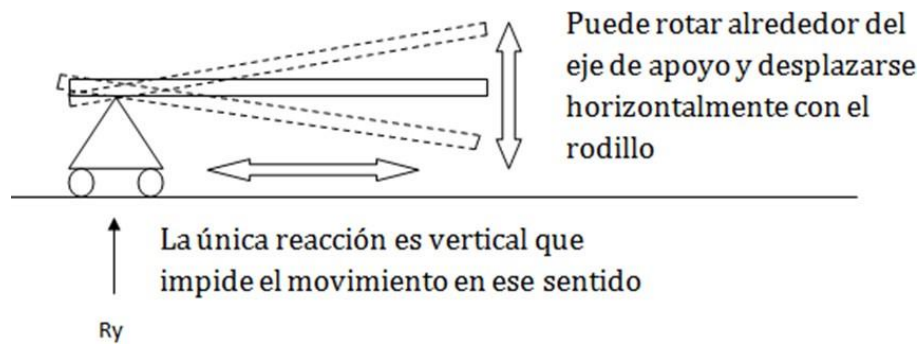


Tomada de: (Inacap)

Patín

Patín

Los rodillos o patines son apoyos que restringen únicamente el movimiento perpendicular y por lo tanto tienen una sola fuerza de reacción. Se representan por un triángulo con rodillos debajo. Presentan una única fuerza de reacción que es perpendicular.



Tomada de: (Apoyos y reacciones de un cuerpo rígido)

Actividad

Refuerza tus conocimientos

Realiza la siguiente actividad:

https://es.educaplay.com/recursos-educativos/13856005-apoyos_o_restricciones.html

`<https://es.educaplay.com/recursos-educativos/13856005-apoyos_o_restricciones.html>`

Condiciones Frontera

Condiciones fronteras

Las condiciones de frontera y continuidad se utilizan para encontrar deflexiones en vigas estáticas. Permiten obtener los momentos flexionantes a partir de diagramas de cuerpo libre y ecuaciones de equilibrio, las condiciones de frontera se refieren a las deflexiones y a las pendientes en los apoyos de una viga; por ejemplo, en un apoyo simple, la deflexión como la pendiente son cero y en un empotramiento, tanto la deflexión como la pendiente son cero. cada una de tales condiciones frontera tiene una ecuación que puede usarse para evaluar las constantes de integración (Trujillo, s.f.).

Terminología

Extremos de la viga	Condiciones en la frontera
empotrados	$y = 0, y' = 0$
libres	$y'' = 0, y''' = 0$
apoyados simplemente o abisagrados	$y = 0, y'' = 0$

Tomado de: (Maria, 2014)

Cargas

Cargas

Al diseñar una estructura, se deben determinar las propiedades de la estructura a fin de que soporte las cargas y cumpla sus funciones previstas. Cuando se determinan los esfuerzos en barras cargadas axialmente, es usual emplear la fórmula básica $s = P/A$, en la cual P es la fuerza axial en la barra y A es el área de su sección transversal. Esta fórmula se basa en la suposición de que la distribución del esfuerzo es uniforme en toda la sección. En realidad, las barras con frecuencia tienen agujeros, ranuras, muescas, filetes, roscas u otros cambios abruptos en su geometría que producen perturbaciones en el patrón uniforme de esfuerzos. Estas discontinuidades en la geometría causan esfuerzos elevados en regiones muy pequeñas de la barra y se conocen como concentraciones de esfuerzos (Gere & Goodno, 2009).

Después que se han establecido los esfuerzos permisibles para un material o una estructura particular, se puede determinar la carga permisible sobre esa estructura. La relación entre la carga y el esfuerzo permisibles depende del tipo de estructura. La carga permisible (también llamada carga segura) es igual al esfuerzo permisible por el área sobre la que actúa:

$$\text{Carga permisible} = (\text{Esfuerzo permisible}) (\text{Área})$$

Puntual

Puntual

Una carga puntual actúa sobre una longitud tan pequeña de la viga que puede suponerse que lo hace sobre un punto.

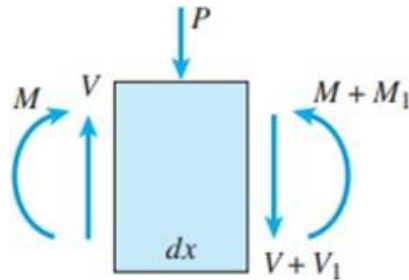


Figura 1: Tomada de Mecánica de materiales (Gere & Goodno, 2009) Del equilibrio de fuerzas en la dirección vertical se obtiene:

Del equilibrio de momentos con respecto a la cara izquierda del elemento se obtiene:

$$V - P - (V + V_1) = 0 \text{ o } V_1 = -P$$
$$M_1 = P\left(\frac{dx}{2}\right) + V dx + V_1 dx$$

Como la longitud dx del elemento es infinitesimalmente pequeña se puede observar en la ecuación que el incremento M_1 en el momento flexionante también es infinitesimalmente pequeño, por lo tanto, el momento flexionante no cambia conforme la aplicación de una carga concentrada.

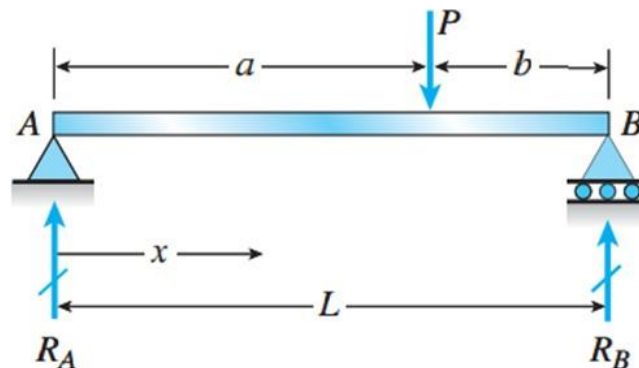


Figura 2: Tomada de Mecánica de materiales (Gere & Goodno, 2009)

Para realizar el cálculo de una carga puntual sobre una viga se considera la figura 1, donde, la carga P actúa a una distancia “ a ” del apoyo izquierdo y a una distancia “ b ” del apoyo derecho. Al considerar la viga como un cuerpo libre se pueden determinar las reacciones de la viga a partir de su equilibrio, donde:

$$R_A = \frac{Pb}{L} \quad R_B = \frac{Pa}{L}$$

R_A y R_B Representan los valores de las fuerzas de reacción en los empotramientos

Distribuida

Distribuida

Una carga distribuida es aquella que actúa sobre una longitud finita considerable de la viga. Las cargas distribuidas se miden por su intensidad, que se expresa en unidades de fuerza por unidad de distancia. Una carga distribuida uniformemente o carga uniforme, tiene una intensidad constante “q” por unidad de distancia.

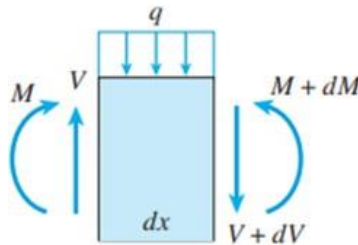


Figura 1: (Gere & Goodno, Mecánica de materiales , 2009)

Como la viga y su carga son simétricas, la fuerza cortante y momento flexionante a una distancia x del extremo izquierdo son:

$$V = R_A - qx = \frac{qL}{2} - qx$$

$$M = R_A x - qx \left(\frac{x}{2} \right) = \frac{qLx}{2} - \frac{qx^2}{2}$$

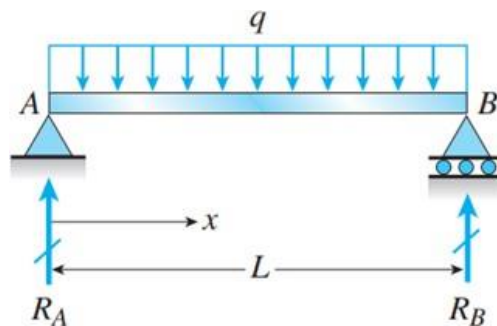


Figura 2: (Gere & Goodno, Mecánica de materiales , 2009)

Flexión (Momento)

Flexión (Momento)

Los momentos de flexión ocurren cuando se aplica una fuerza a una distancia dada de un punto de referencia; causando una deformación efecto. En los términos más simples, un momento flector es básicamente una fuerza que hace que algo se doble.

Figura 1:

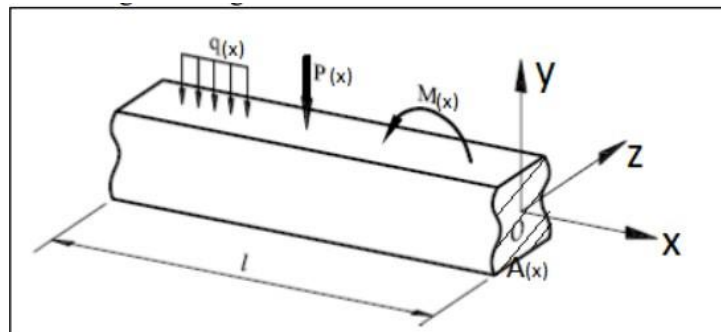


Tomada de: (Ingeniería SYCiv, 2022)

Los momentos flexionantes máximo positivo y negativo en una viga pueden ocurrir en:

- ♦ Sección transversal donde se aplica una carga concentrada y la fuerza cortante cambia de signo
- ♦ Sección transversal donde la fuerza cortante es igual a cero
- ♦ Punto de apoyo donde está presente una reacción vertical
- ♦ Sección transversal donde se aplica un par
- ♦

Figura 2: Viga sometida a diferentes cargas y momentos.



Tomada de: (Nieto, 2022)

Hidrostática (Presión)

Hidrostática (Presión)

Se define la presión como el cociente (o la relación) entre el módulo de la fuerza ejercida perpendicularmente, a una superficie "F" y el área "A" de la misma.

$$P = \frac{F}{A} \frac{[N]}{[m^2]} = [Pa]$$

Representación visual:

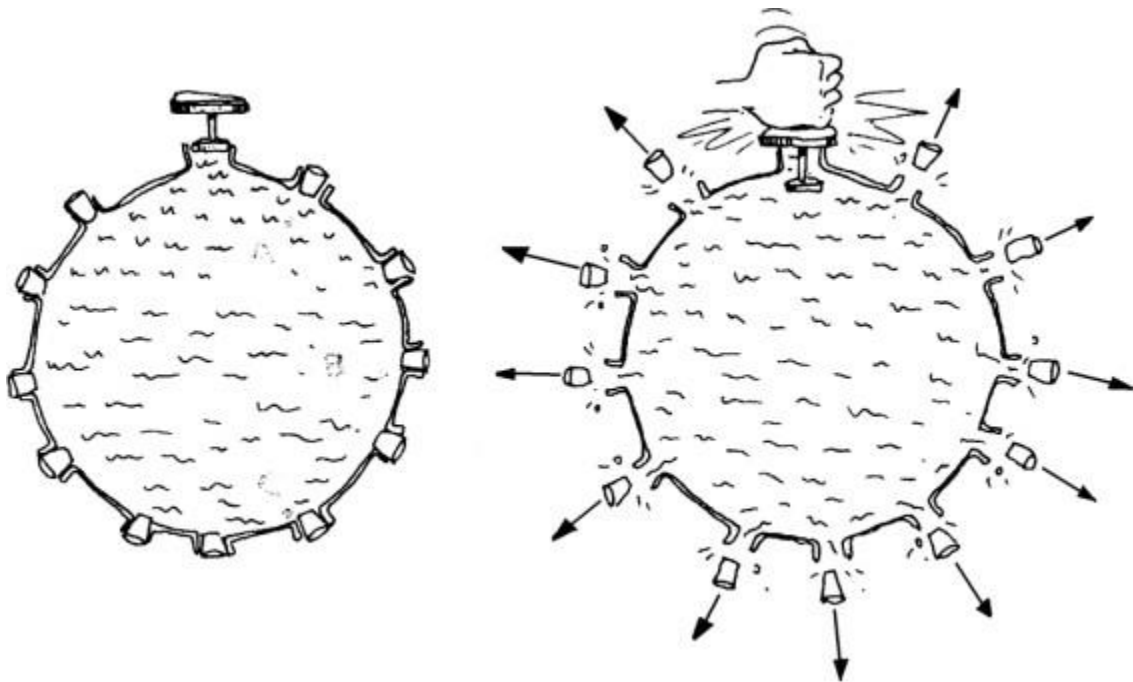


Figura 1: (Jarrón y otros).

Actividad

Refuerza tus conocimientos

Realiza la siguiente actividad:

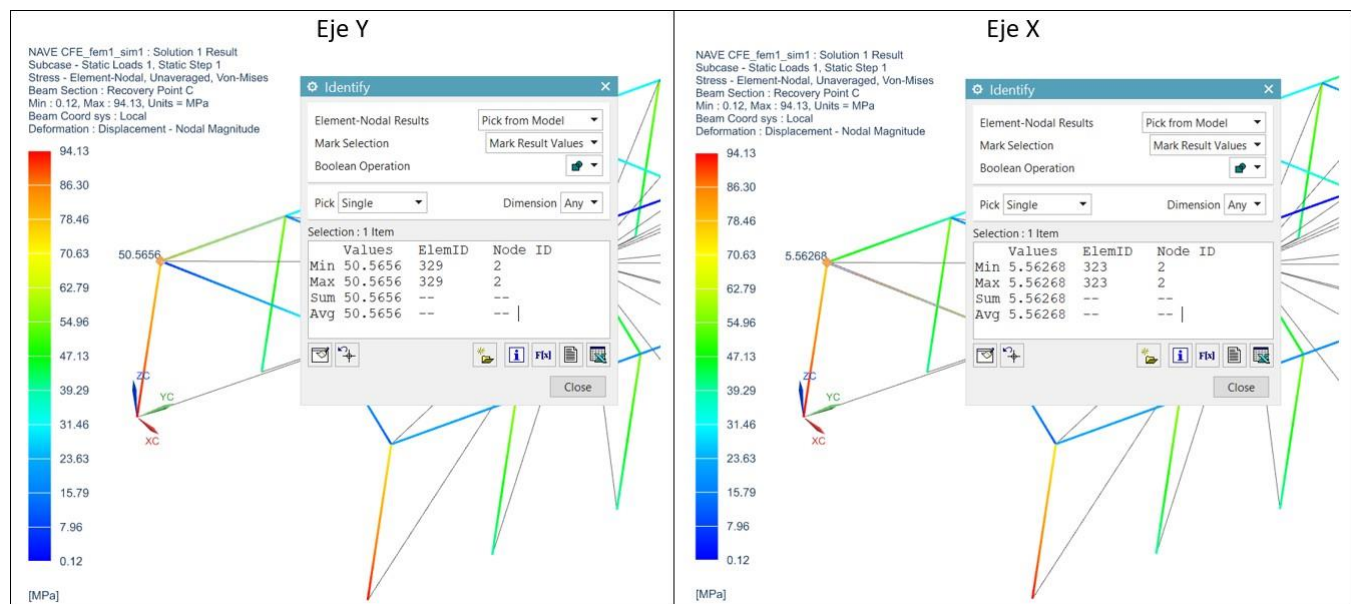
https://es.educaplay.com/recursos-educativos/13855877-condiciones_de_frontera.html <https://es.educaplay.com/recursos-educativos/13855877-condiciones_de_frontera.html>

Simulación Elementos de Unión

Simulación de elementos

En función de los resultados obtenidos de las fuerzas aplicadas a una nave estructural durante un sismo, se obtuvo que para el nodo 2 (caso de estudio) las reacciones en las direcciones X y Y son:

Figura 1: Resultados Nodo 2.



Fuente: Desarrollo propio.

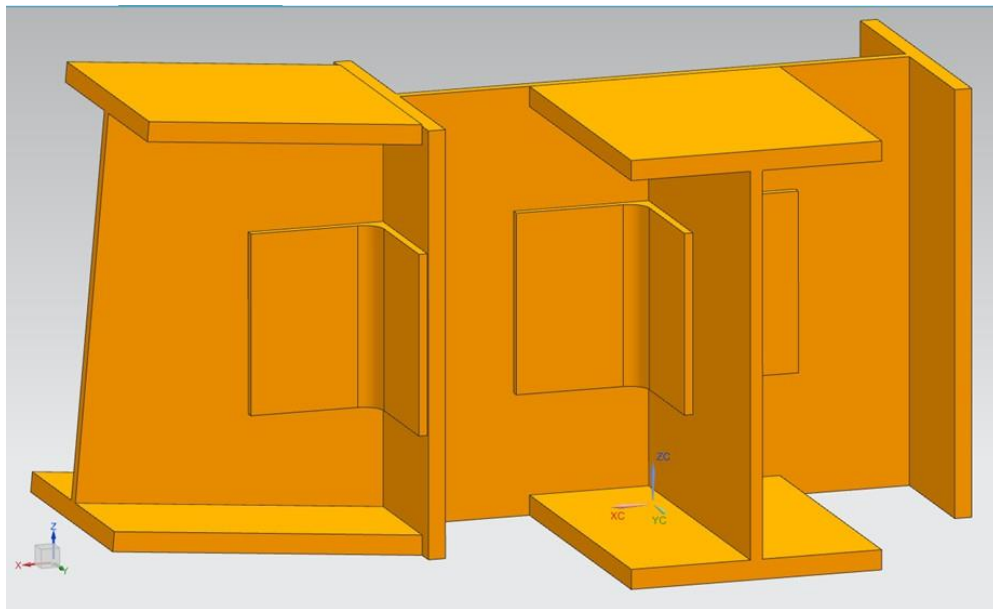
Se realiza la simulación en diferentes tipos de elementos de unión.

Cuerpo sólido

Video apoyo para la herramienta mesh mating condition:

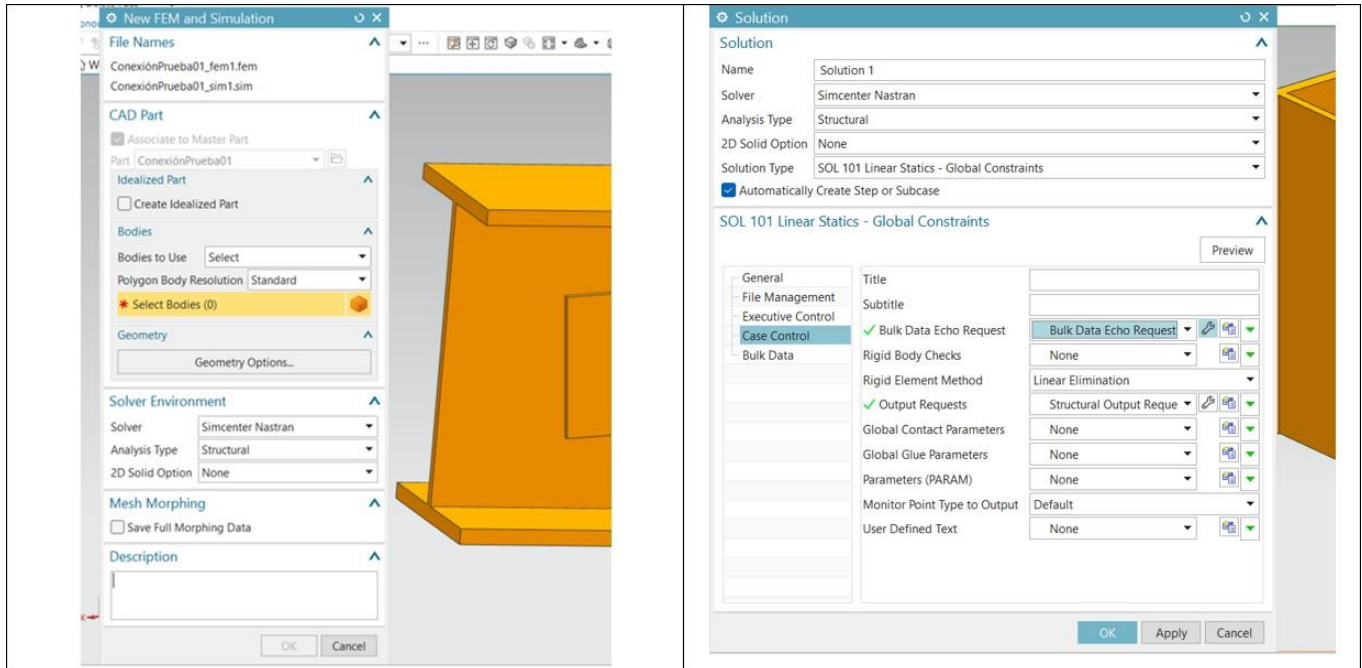
<https://www.youtube.com/watch?v=mHD2vp394AI> <<https://www.youtube.com/watch?v=mHD2vp394AI>>

Figura 1: Ensamble.



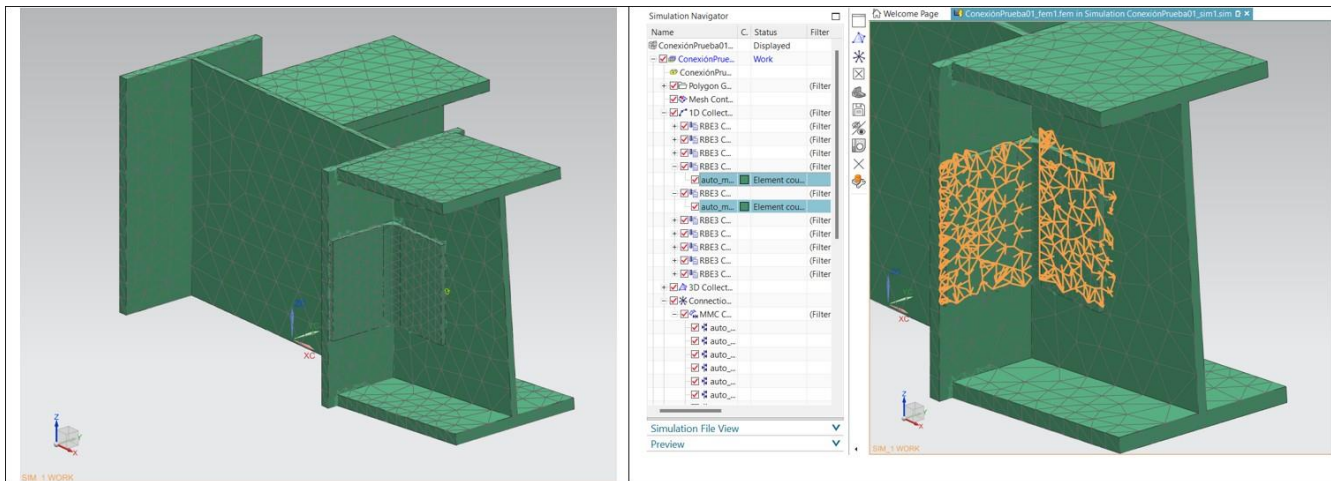
Realizado el ensamble se utiliza la herramienta pre-post para preparar el FEM y la simulación. El tipo de análisis será estructural y dentro de los parámetros de solución (PARAM) se debe configurar que AUTOMPC sea automático.

Figura 2: Configuración FEM.



Al realizar el mallado de la pieza, se recomienda hacerlo para cada elemento de manera individual para evitar el refinado de la malla, el cual puede provocar que la solución del FEM sea demasiado grande. Se recomienda utilizar la herramienta *“automatic element size”*. Es importante utilizar la herramienta *“mesh mating”* ya que establece la conexión de dos cuerpos sólidos y los asocia a través de mallados 2D Y 3D.

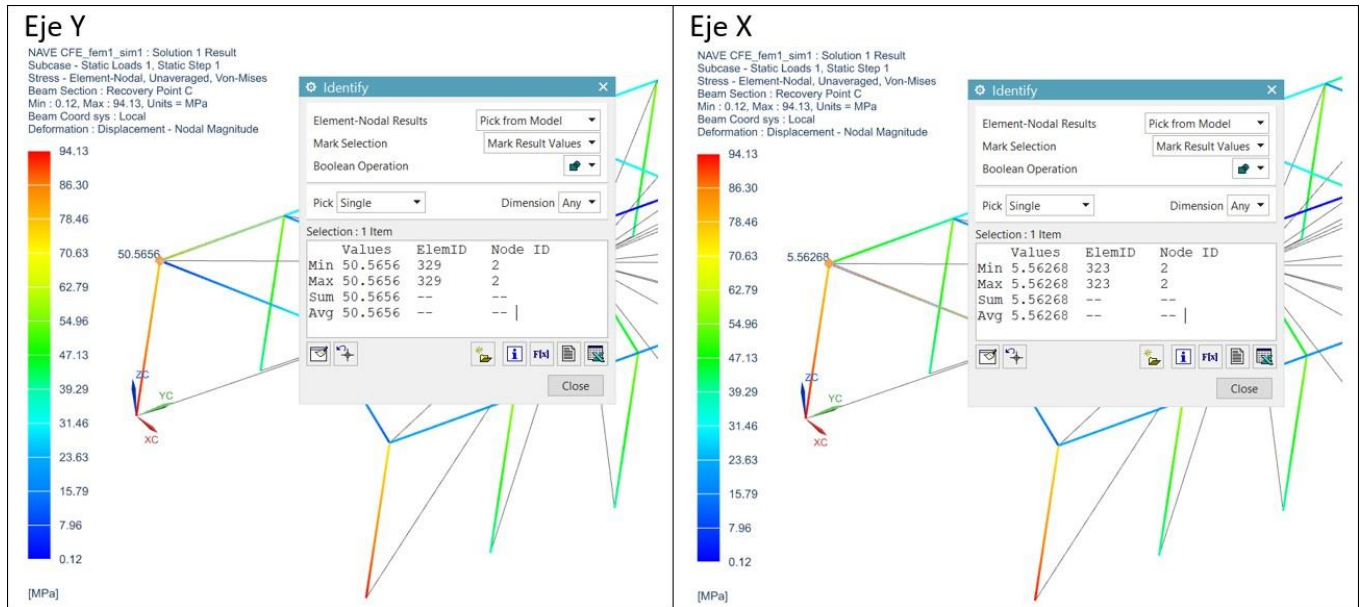
Figura 3: Mallado.



El elemento RBE3 es una potente herramienta para distribuir de forma eficiente cargas y masas en un Modelo de Elementos Finitos. Al contrario que el elemento RBE2, el RBE3 no añade rigidez adicional a la estructura (Hidalgo, 2015).

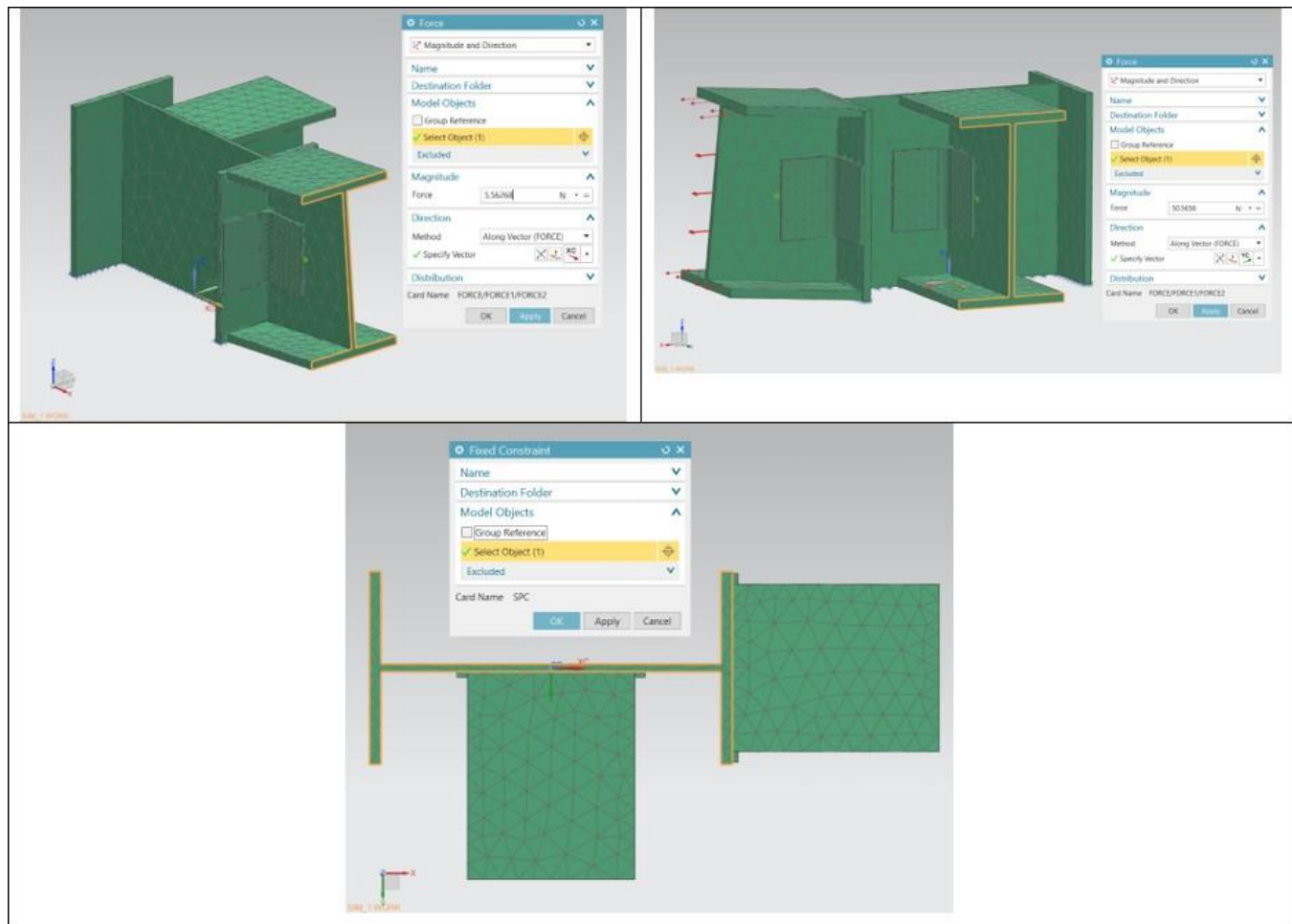
Una vez mallada la pieza se aplican las cargas y restricciones. De los resultados obtenidos del previo análisis de la nave estructural tenemos que para el nodo 2 las cargas a aplicar serán:

Figura 4: Cargas.



Se agrega la restricción “fixed constrain” en la parte inferior de la viga IR 610x155 y las respectivas cargas o *fuerzas* en las caras de los perfiles IR 460x144 para los ejes X y Y.

Figura 5. Restricciones y cargas.



Resultados:

Figura 6: Desplazamiento en los ejes X y Y.

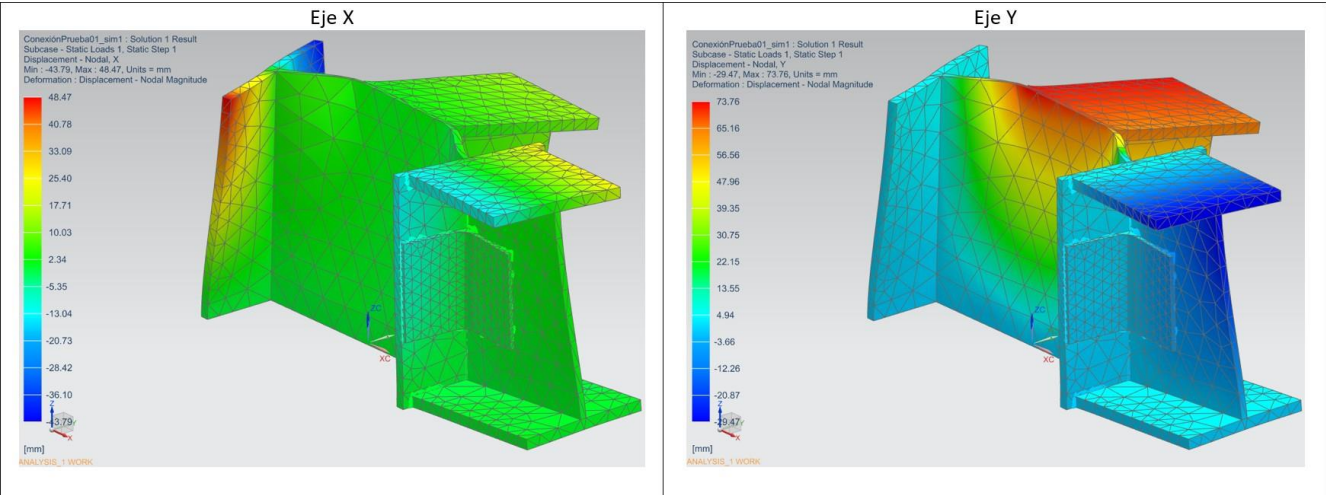


Figura 7: Esfuerzo de Von Mises

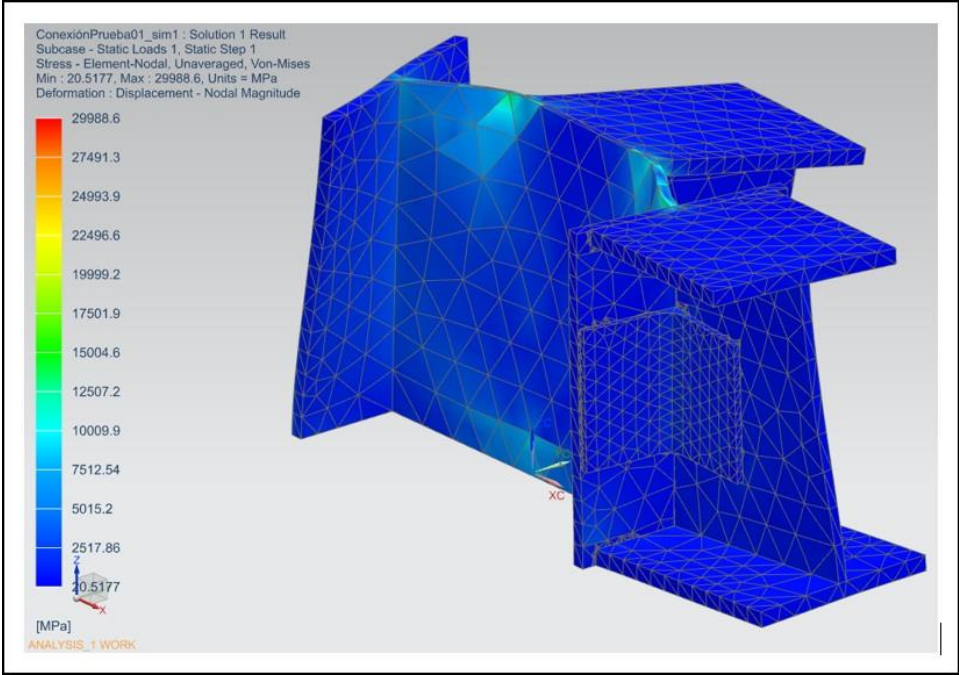


Figura 8: Reacciones

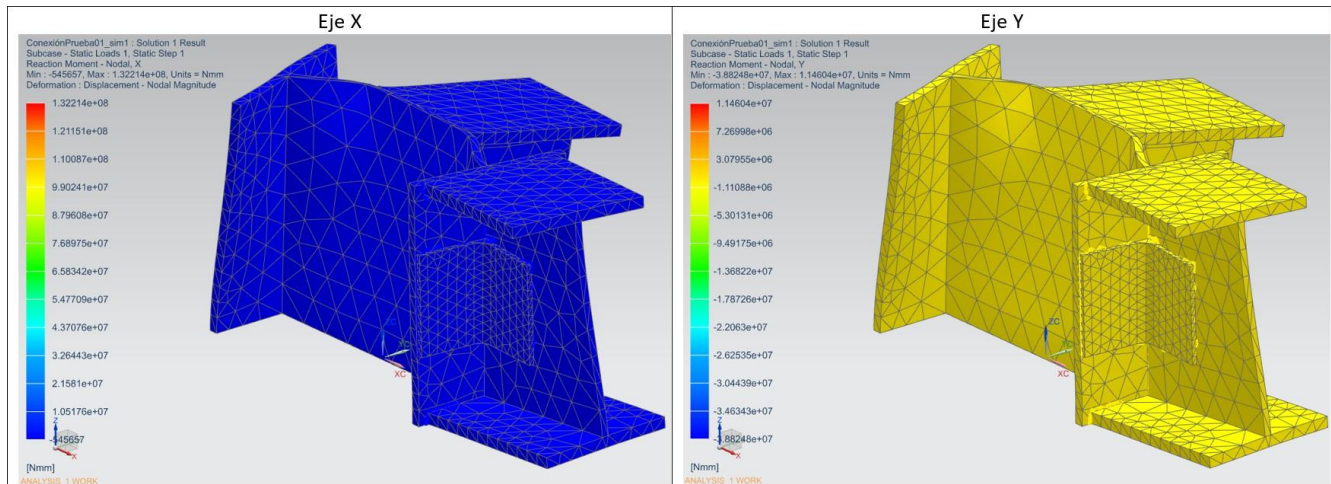


Tabla 1: Resumen de resultados.

NX	Unidades	Max	Min	Max	Min
		x	x	y	y
Desplazamientos	mm	48.47	-43.79	73.76	-29.47
Rotación	°	1.68	-16.51	3.372	-2.424
Fuerza de reacción	N	749410	-899623	1.99E+06	-3.34E+06
Momento	Nmm	1.32E+08	-545657	158.36	-335.84
		Nodal		Elemental	
		Max	Min	Max	Min
Stress (Von Misses)	MPa	29988.6	20.5177	9020.11	22.52

Simulación ANSYS

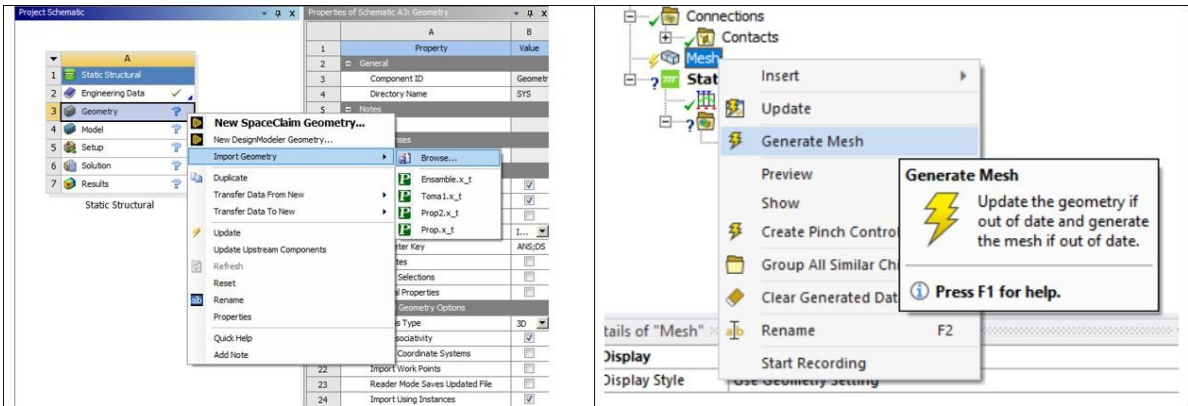
Para realizar la simulación en ANSYS, como en NX, se añade un nuevo material con las características del acero A-36 y se asigna a cada pieza del ensamble.

Tabla 1: Propiedades del material.

	Biblioteca NX Siemens	Fabricante de las secciones
Library Material:	Steel-Rolled	ASTM A-36
Mass Density (RHO):	7.85e-06 kg/mm ³	7,85 g/cm3
Young's Modulus (E):	206000000 kPa	200 GPa
Poisson's Ratio (NU):	0.3	.26
Yield Strength:	235000 kPa	250 MPa
Ultimate Tensile Strength:	340000 kPa	400 – 550 MPa

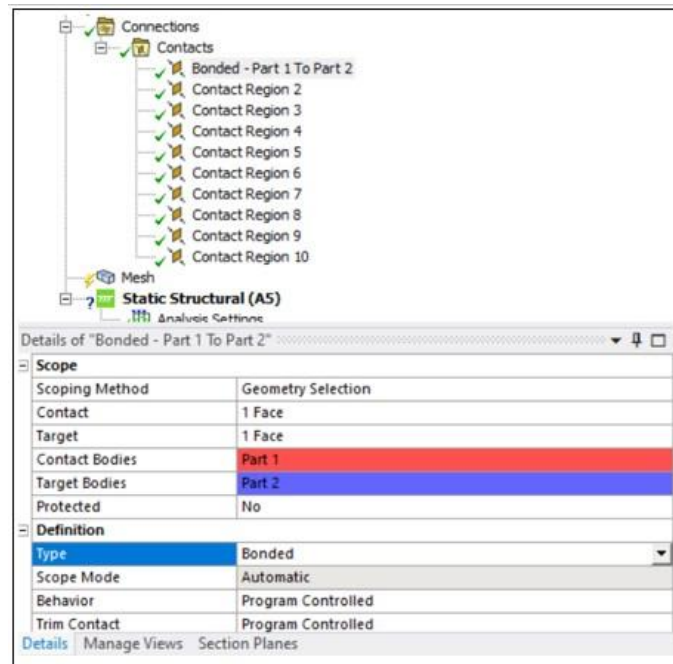
Se realiza un análisis de tipo Static Structural. El ensamble se exporta como un archivo “.x_t” (Parasólido) y se importa en el apartado Gemetry. Se genera el mallado de la pieza por default.

Figura 2:



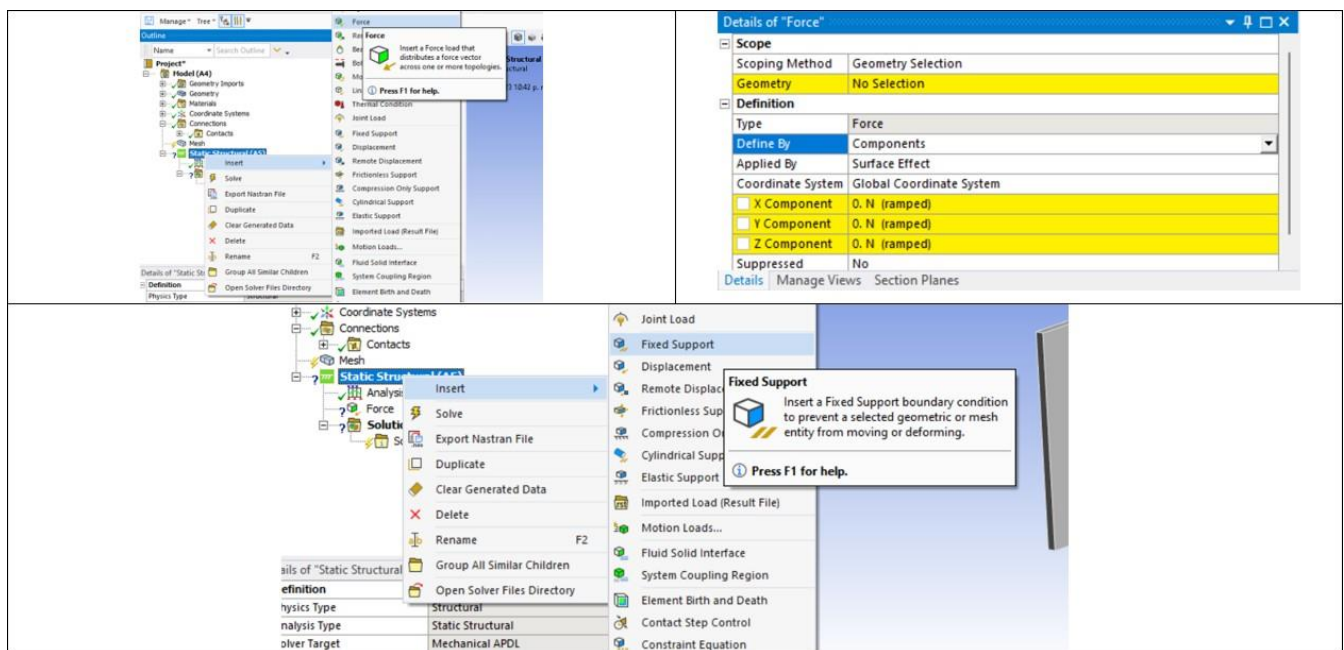
Las regiones de contacto se establecen como de tipo Bonded (Unido), esta configuración no permite el desplazamiento ni la separación entre caras o bordes. Este tipo de contacto permite una solución lineal ya que la longitud o área de contacto no cambia durante la aplicación de la carga.

Figura 3: Configuración de regiones de contacto.



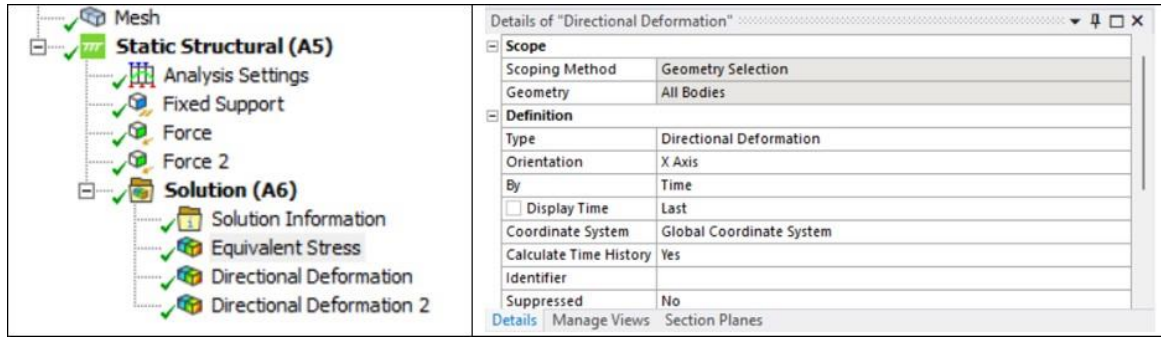
Se añaden las cargas obtenidas del previo análisis de la Nave CFE en las caras de los perfiles IR en las direcciones X y Y, en los detalles de la fuerza a aplicar se configura definido por componentes para aplicar las cargas en la dirección correspondiente, cabe recalcar que es necesario realizar la conversión a N. Finalmente se añade la restricción Fixed support en la base del ensamble.

Figura 4: Configuraciones.



Las herramientas de solución se configuran como:

Figura 5: Herramientas de solución.



Las deformaciones direccionales se establecen para los componentes X y Y.

Resultados:

Figura 6: Deformación direccional y estrés equivalente (Von Mises).

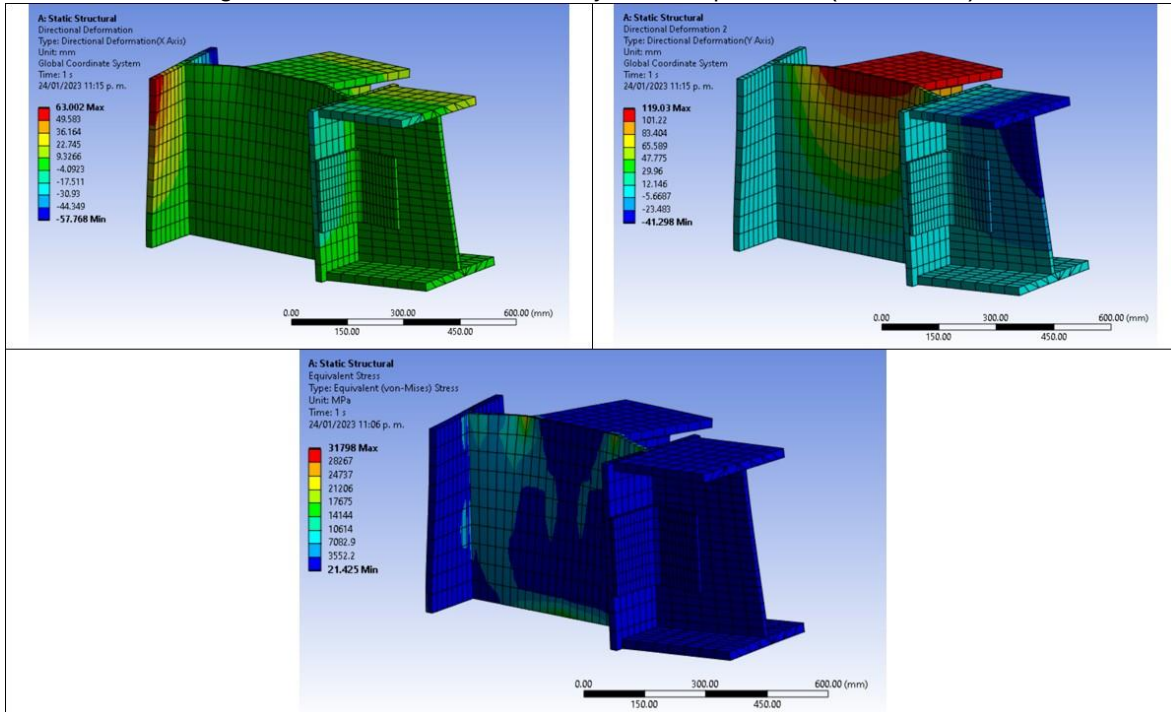


Tabla 1: Resumen de resultados.

ANSYS	Unidades	Max	Min	Max	Min
		x	x	y	y
Deformación	mm	63.002	-57.768	119.03	-41.298
Nodal					
		Max		Min	
Stress (Von Misses)	MPa	31798		21.425	

Video apoyo para la simulación de soldadura en 3D:

<https://www.youtube.com/watch?v=ijnHRyyfQnE> <<https://www.youtube.com/watch?v=ijnHRyyfQnE>>

Figura 1: Soldaduras de acuerdo al manual AHMSA

VIII.3.1 Soldaduras de ranura de penetración completa

4 de 14

Juntas soldadas precalificadas / SPC

Soldadura de ranura con bisel sencillo (4)

- Junta en T
- Junta en esquina (C)

The diagram illustrates a single bevel groove weld joint. It shows two plates, T₁ and T₂, meeting at a root. The bevel angle is labeled α . The root face width is labeled R. The gap between the plates is labeled f. A cross-section view shows the weld metal filling the groove. The text "Trabajar la raíz" (Work the root) is present.

Proceso de soldadura	Designación de la junta	Grueso del metal base (U = Ilimitado)		Preparación de la junta		Posiciones permitidas para soldar	Protección con gas (FCAW)	Notas	
				Abertura de la raíz, Cara de la raíz, Ángulo del bisel	Tolerancias				
		T ₁	T ₂		En planos (ver 3.13.1)	En ejecución (ver 3.13.1)			
SMAW	TC-U4b	U	U	R = 0 a 3 R = 0 a 3 $\alpha = 45^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Sin límite +10°, -5°	Todas	---	4, 5, 7, 10, 11
GMAW FCAW	TC-U4b-GF	U	U				Todas	No se requiere	1, 4, 7, 10, 11
SAW	TC-U4b-S	U	U	R = 0 f = 6.4 máx $\alpha = 60^\circ$	±0 +0, -3 mm +10°, -0°	+6.4, -0 ±2 +10°, -5°	F	---	4, 7, 10, 11

Soldadura de ranura con bisel sencillo (4)

- Junta en T
- Junta en esquina (C)

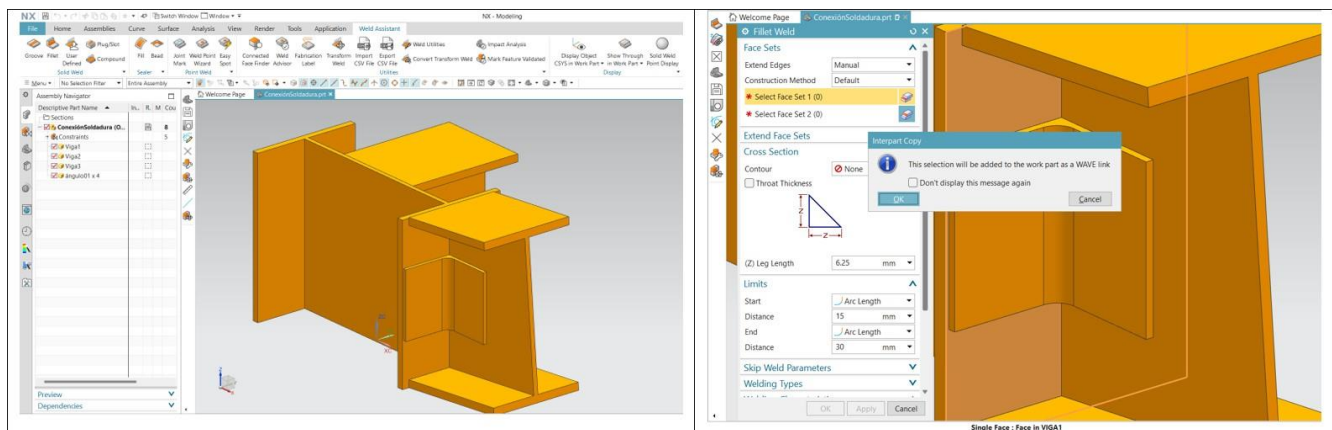
Diagrama de una soldadura de ranura con bisel sencillo. Muestra una sección transversal de una junta en T o en esquina. Se indican los ángulos de bisel α y β , la profundidad de la ranura R , y las espesores de las piezas T_1 y T_2 . Se incluye una vista detallada de la raíz con el texto "Trabajar la raíz".

Proceso de soldadura	Designación de la junta	Grueso del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la junta			Posiciones permitidas para soldar	Protección con gas (FCAW)	Notas			
		T ₁	T ₂	Abertura de la raíz, Cara de la raíz, Ángulo del bisel	Tolerancias							
					En planos (ver 3.13.1)	En ejecución (ver 3.13.1)						
SMAW	TC-U4b	U	U	R = 0 a 3 R = 0 a 3 $\alpha = 45^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Sin límite +10°, -5°	Todas	---	4, 5, 7, 10, 11			
GMAW FCAW	TC-U4b-GF	U	U				Todas	No se requiere	1, 4, 7, 10, 11			
SAW	TC-U4b-S	U	U	R = 0 f = 6.4 máx $\alpha = 60^\circ$	±0 +0, -3 mm +10°, -0°	+6.4, -0 ±2 +10°, -5°	F	---	4, 7, 10, 11			

Tomada de: Grupo AHMSA; Manual de diseño para la construcción con acero (2013)

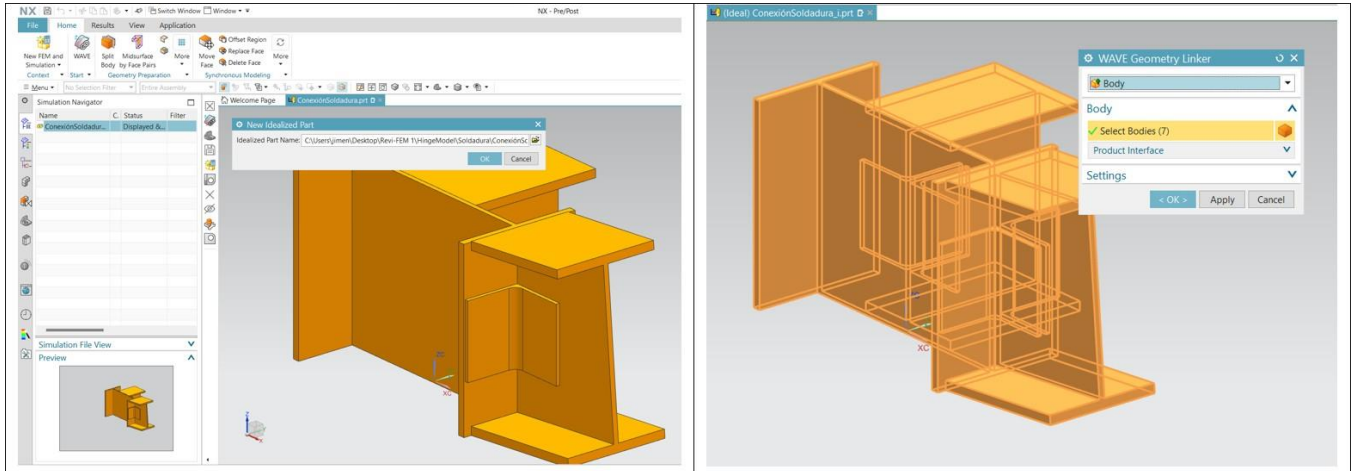
Para aplicar soldadura en el ensamble, se deben habilitar las herramientas de soldadura "WeldAssistant", sin embargo, es necesario crear una parte idealizada para aplicar la soldadura.

Figura 2: Preparación del ensamble.



Se genera la parte idealizada y se aplica la herramienta Promote (herramienta que protege el ensamble) sobre la parte idealizada.

Figura 3: Preparación de las superficies.



Una vez terminada la preparación de la pieza, comienza el proceso de soldar. La soldaduras serigen por el grosor de la placa más delgada, en la realidad, una soldadura debe ser $1/16$ – el espesor de la placa para grosores de $1/4$ o mayores.

Figura 4: Configuración de la herramienta Fillet Weld.

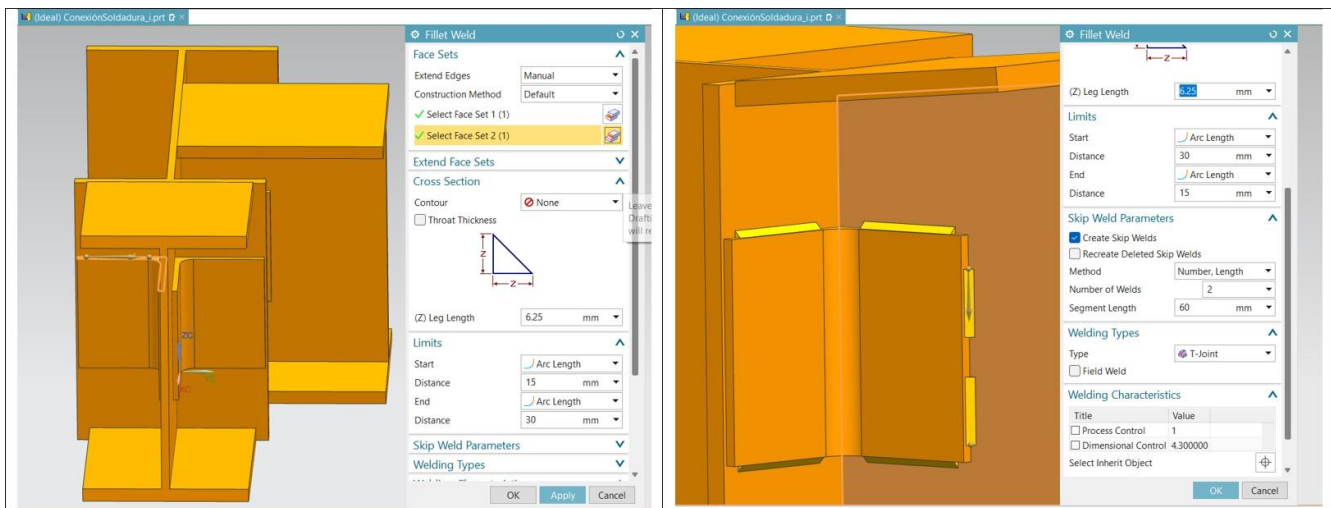
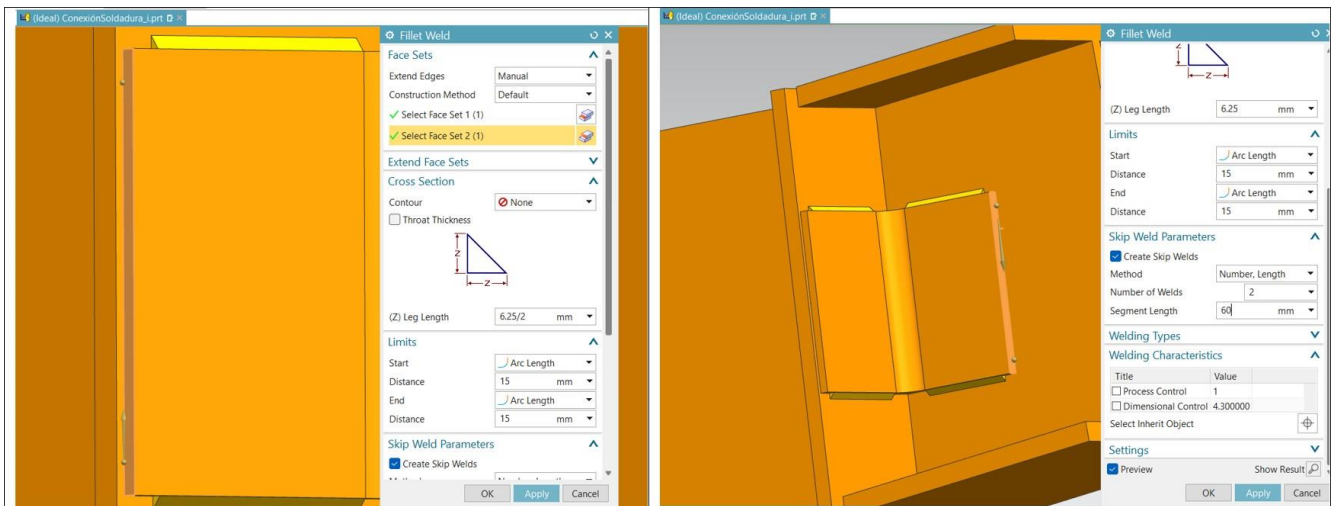
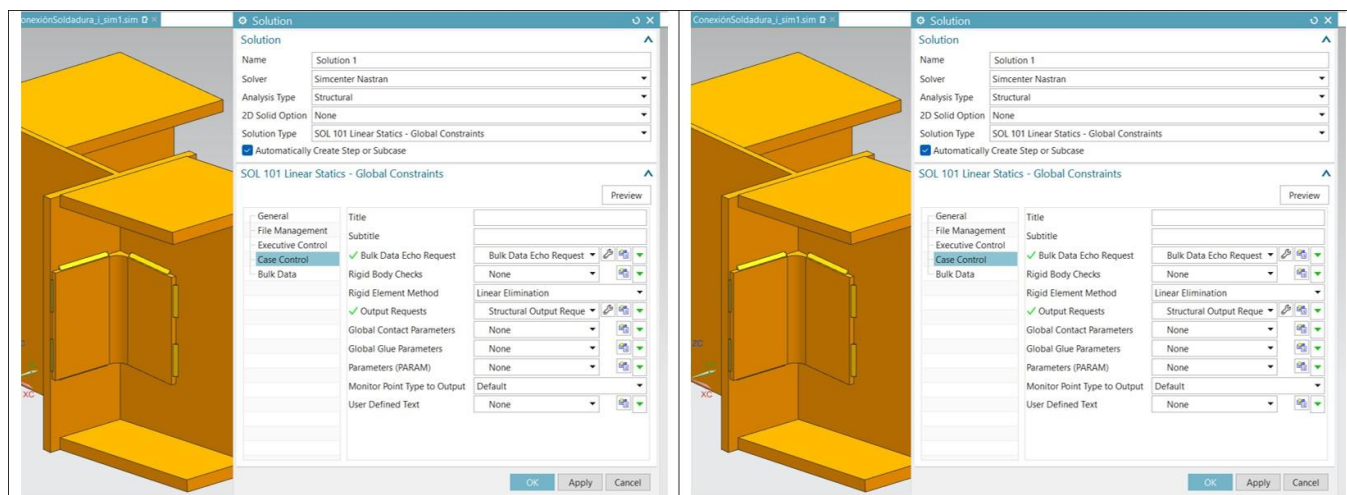


Figura 5: Ajustes de simetría.



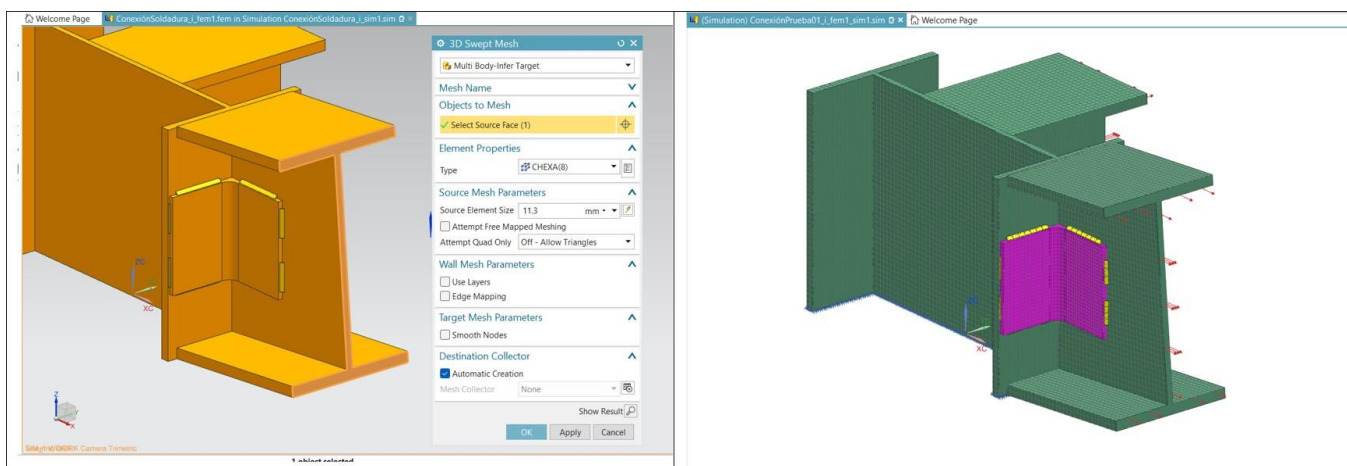
Al pasar al FEM y la simulación, se debe habilitar en Output requests “Glue result”.

Figura 6: Configuraciones de solución.



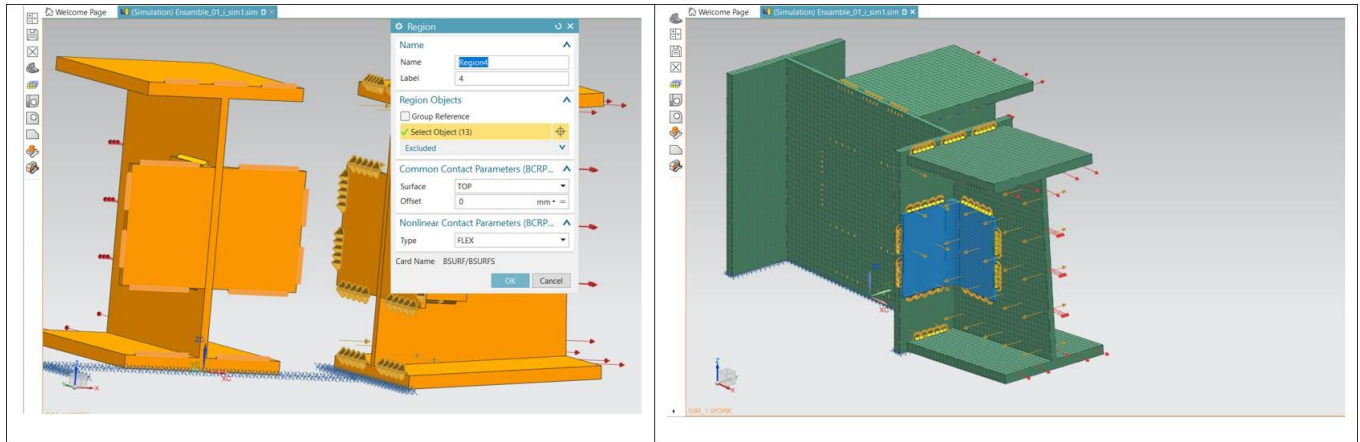
Para finalizar, se realiza el mallado de la pieza utilizando 3D Swept Mesh, las restricciones y cargasse aplican de la misma manera que en la simulación de cuerpo sólido.

Figura 7: Mallado.



Para configurar los contactos se utiliza la herramienta de Surface to Surface gluing y se aplica de manera Manual, es importante configurar todos los contactos en las caras correspondientes, de lo contrario la simulación no arrojará resultados.

Figura 8: Surface to surface Gluing.



Resultados:

Figura 9: Desplazamiento.

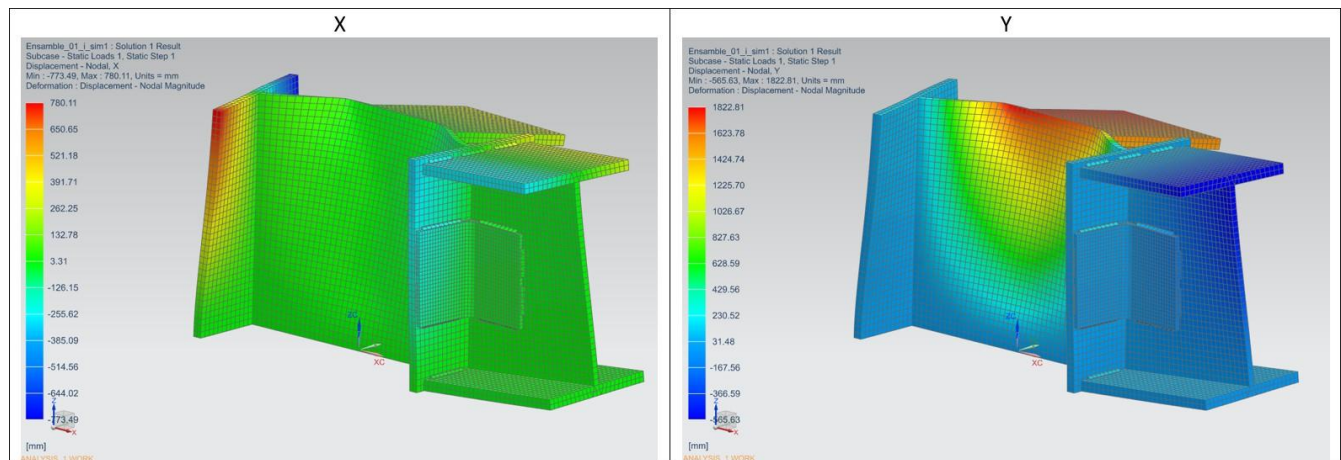


Figura 10: Stress de Von Mises.

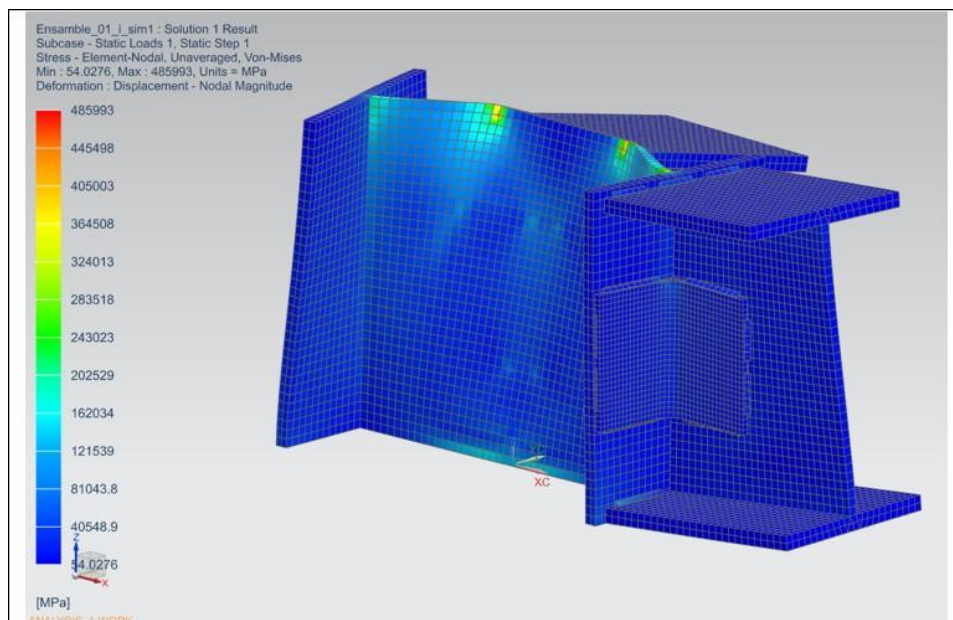


Figura 11: Reacciones.

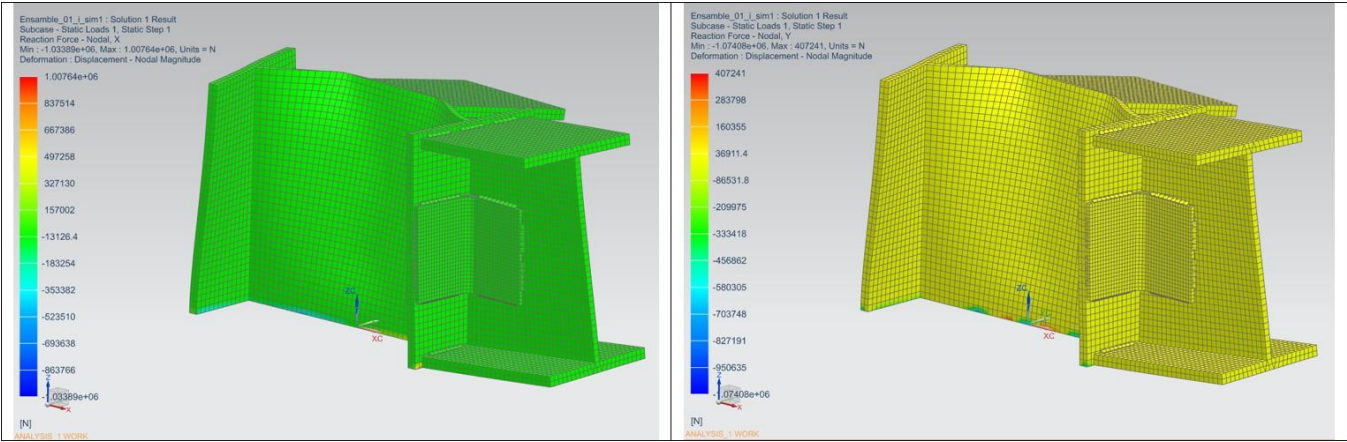
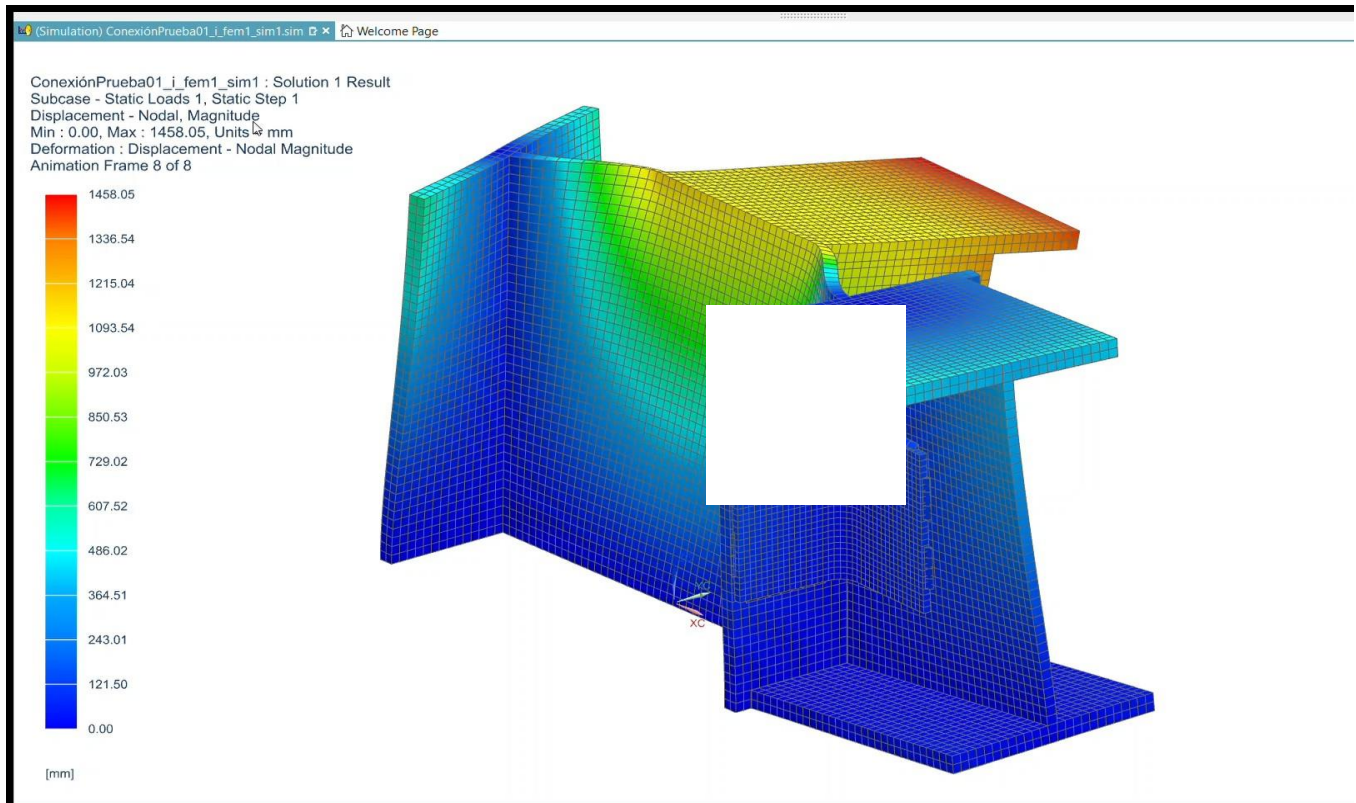


Tabla 1: Resumen de resultados.

Soldadura	Unidades	Max	Min	Max	Min
		x	x	y	y
Desplazamientos	mm	780.11	-773.49	1822.81	-565.63
Rotación	°	0	0	0	0
Fuerza de reacción	N	1.01E+06	-1.03E+06	4.07E+05	-1.07E+06
Momento	Nmm	0.00E+00	0	0	0
		Nodal		Elemental	
		Max	Min	Max	Min
Stress (Von Misses)	MPa	485993	54.0276	314132	69.5592

	Unidades	Max	Min	Max	Min
		x	x	y	y
Glue force	N	1.01E+07	-9.74E+06	2.11E+07	-1.08E+07
Glue Moment	Nmm	0	0	0	0
Glue traction	MPa	265747	-265320	278578	-154324
	Unidades	Scalar			
		Max	Min		
Glue Pressure	MPa	192647	-447387		

Simulación:

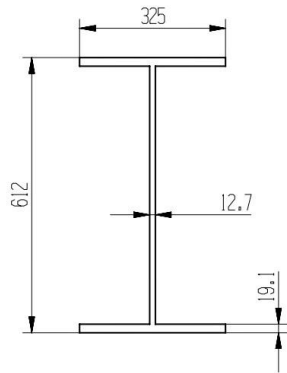


Planos

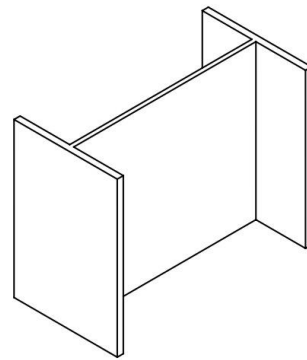
Para realizar la soldadura de manera correcta en el ensamble se extiende la altura del perfil IR610x155. Debido a ello, se modifican los planos de la pieza.

Planos soldadura

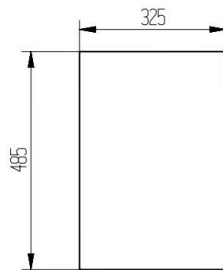
- Perfil IR 610x155



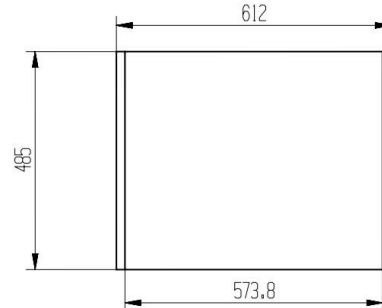
Vista superior 1:10



Vista Isometrica 1:10

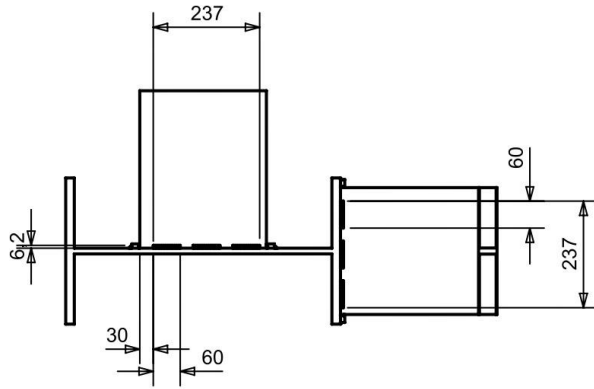


Vista frontal 1:10

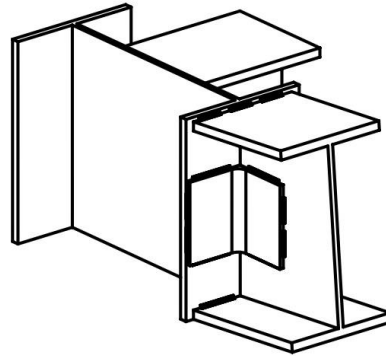


Vista lateral 1:10

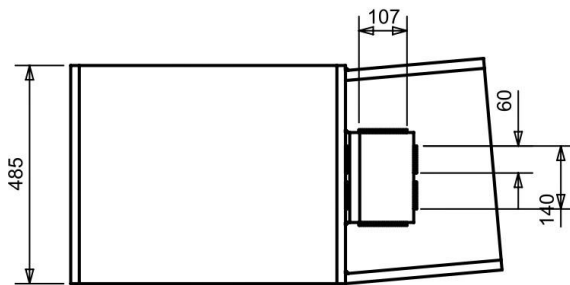
- ♦ *Ensamble soldadura*



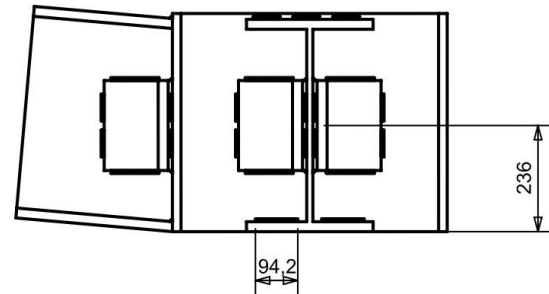
Vista superior 1:10



Vista isométrica 1:10



Vista frontal 1:10



Vista trasera 1:10

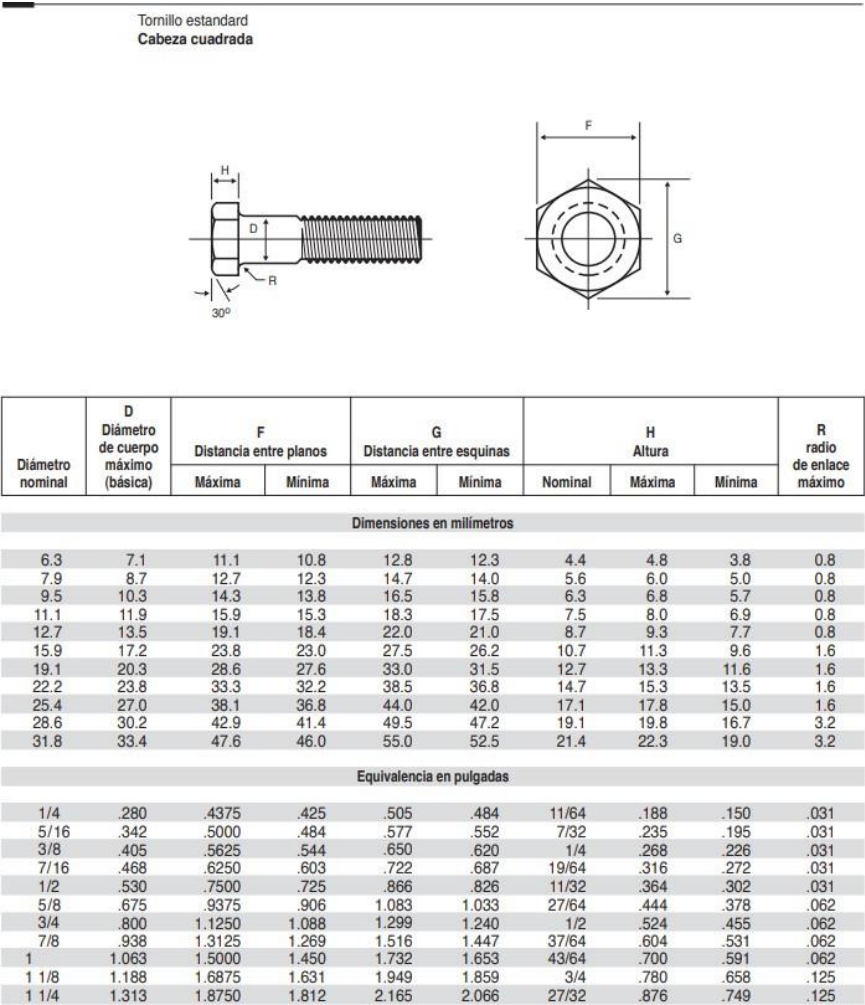
- ♦ *Archivos*

<https://drive.google.com/drive/folders/12PHgUeAawP0p9oriIA-mk5B93uLZdLQN?usp=sharing> <<https://drive.google.com/drive/folders/12PHgUeAawP0p9oriIA-mk5B93uLZdLQN?usp=sharing>>

Video apoyo de simulación tornillos:

<https://www.youtube.com/watch?v=vBiIPNT2POM> <<https://www.youtube.com/watch?v=vBiIPNT2POM>>

Figura 1: Dimensiones de tornillos deacuerdo al manual AHMSA.

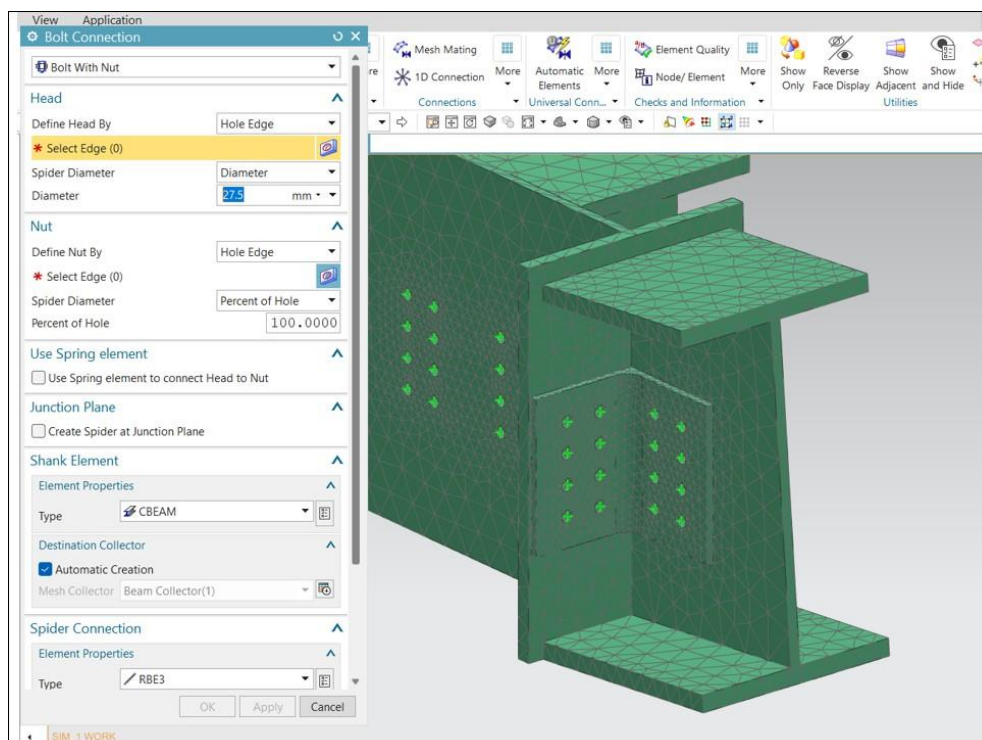


Tomada de: Grupo AHMSA; Manual de diseño para la construcción con acero (2013)

Para la simulación de tornillos es necesario realizar las perforaciones pertinentes. Se utiliza herramienta Sketch para realizar la primera perforación, posteriormente, se utiliza la herramie Pattern Feature para crear un patrón. Los puntos exactos para aplicar las perforaciones muestran en la subsección de planos.

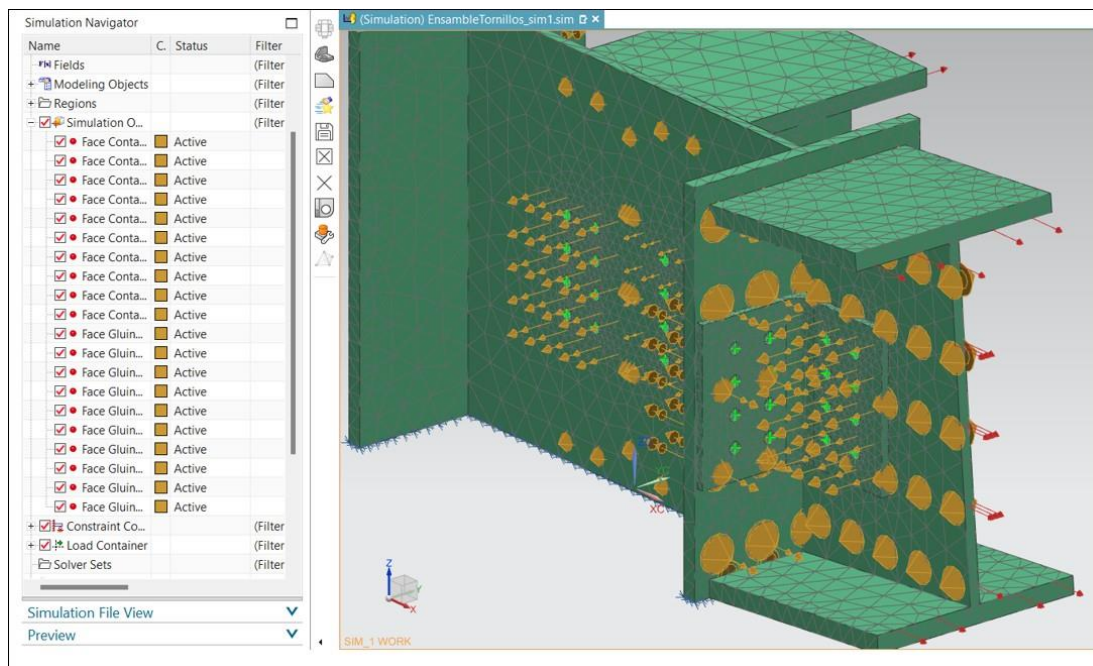
Las configuraciones de cargas y restricciones no cambian. Se utiliza la herramienta B Connection para la simulación de tornillos la cual se encuentra en la sección de Connections. utilizan las medidas del tornillo 15.9 o 5/8.

Figura 2: Herramienta Bolt conection.



Se aplican las herramientas Face Contact y Face Gluing.

Figura 3: Simulaciones de contacto.



Resultados

Figura 4: Desplazamientos.

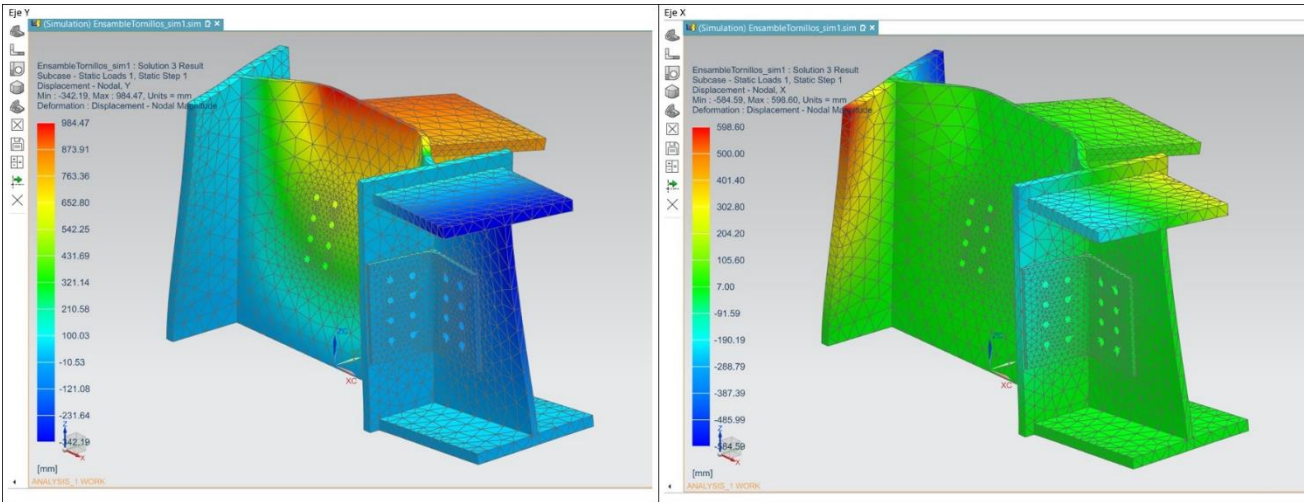


Figura 5: Stress de Von Mises.

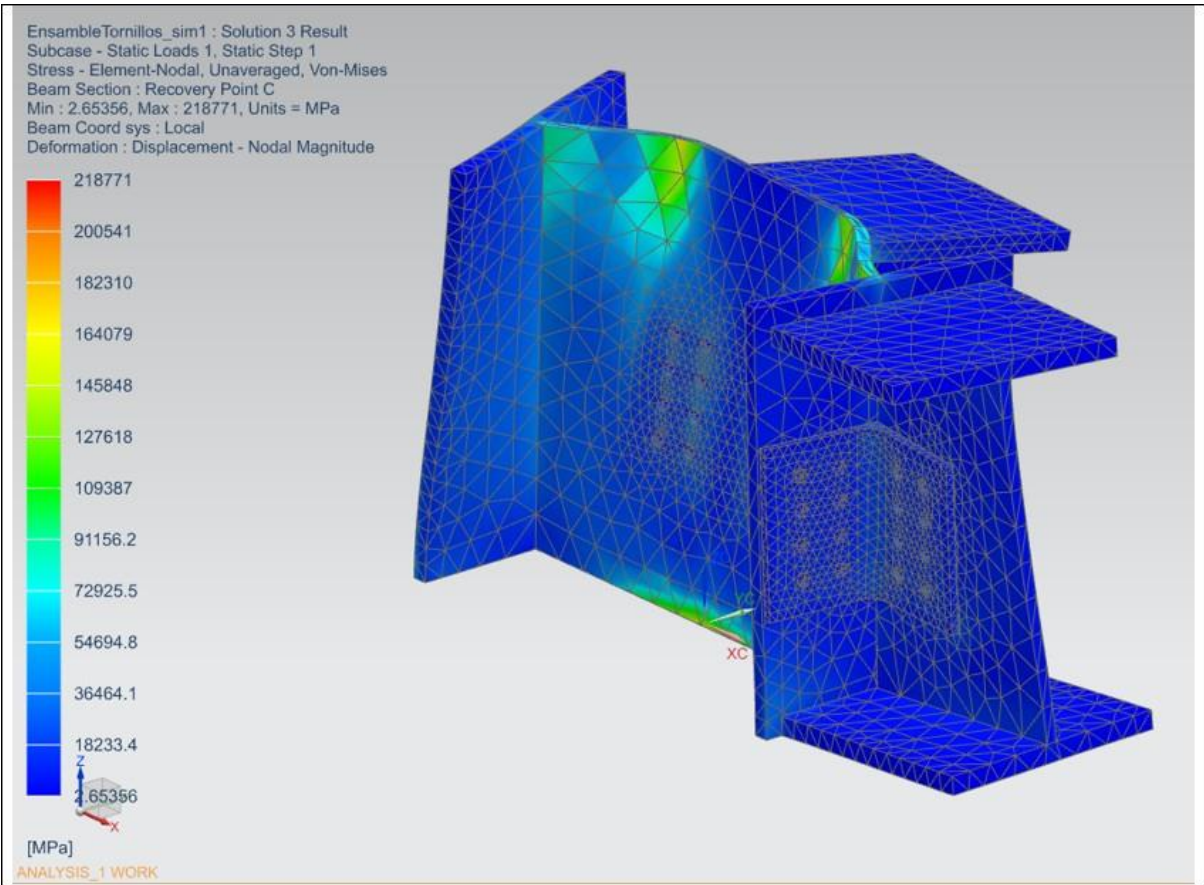


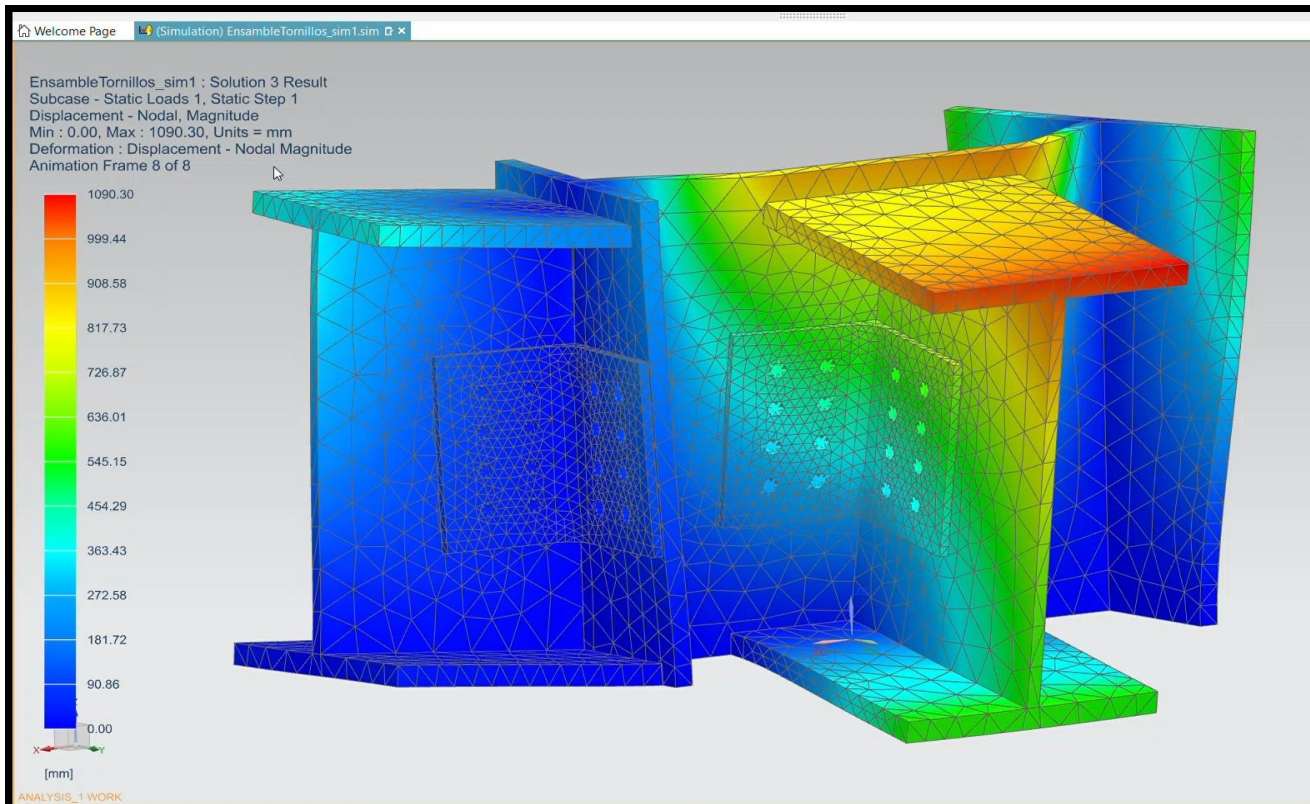
Tabla 1: Resumen de resultados.

Soldadura	Unidades	Max	Min	Max	Min
		x	x	y	y
Desplazamientos	mm	598.6	-584.59	984.47	-342.19
Rotación	°	15.33	-114.12	24.27	-26.01
Fuerza de reacción	N	1.77E+06	-1.81E+06	1.40E+07	-8.33E+06
Momento	Nmm	0	0	0	0
		Nodal		Elemental	
		Max	Min	Max	Min
Stress (Von Misses)	MPa	218771	2.65356	96987.8	210.87

Shear Force	Unidades	Max	min
QXY	N	174307	-144000
QXZ	N	46316.8	-123455
	Unidades	NXX	
		Max	Min
Axial Force	N	192647	-447387

Bending Moment				Torsional Moment	
MYZ		MZZ		MXX	
Max	Min	Max	Min	Max	Min
1.95E+06	-852310	2.53E+06	-4.55E+06	1.08E+06	-3.25E+06

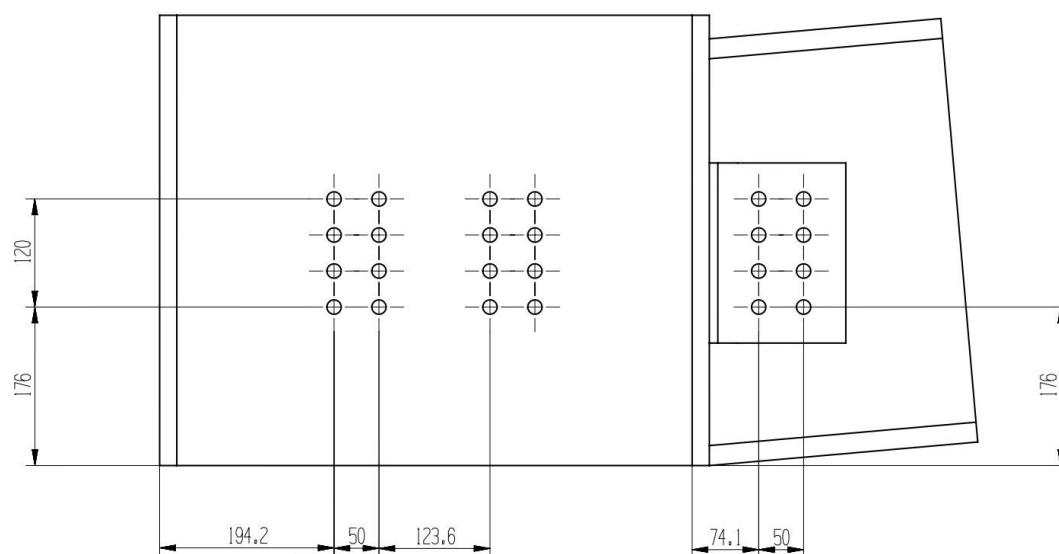
Simulación



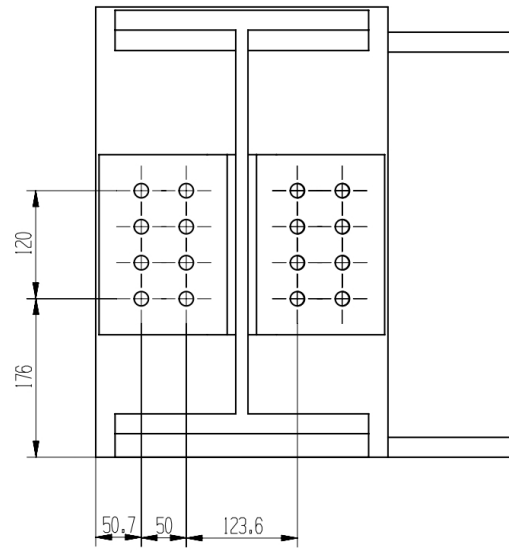
Planos

Planos de las perforaciones para tornillo

- ♦ *Ensamble*



Vista Frontal 1:10



Vista lateral 1:10

- Archivos

<https://drive.google.com/drive/folders/12PHgUeAawP0p9oriA-mk5B93uLZdLQN>

<<https://drive.google.com/drive/folders/12PHgUeAawP0p9oriA-mk5B93uLZdLQN>>

Resultados

Resultados generales

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos entre ANSYS y NX, estos presentan variaciones debido a la capacidad adaptativa del mallado en la pieza y del software, sin embargo, son relativamente proporcionales, siendo NX más preciso en sus datos.

Tabla 1: Comparación software NX-ANSYS

Simulación Cuerpo Sólido	Resultados					
	Desplazamiento				Stress (Von Misses)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
	x (mm)		Y (mm)		MPa	
NX	48.47	-43.79	73.76	-29.47	29988.6	20.5177
ANSYS	63.002	-57.768	119.03	-41.298	31798	21.425
Variación (%)	30	32	61	40	6	4

En la tabla 2, se muestra la comparación de resultados de las simulaciones de elementos de unión realizadas en el software NX.

Tabla 2: Resultados obtenidos.

Simulación Elementos de Unión	Resultados					
	Desplazamiento				Stress (Von Misses)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
	x (mm)		Y (mm)		MPa	
Cuerpo sólido	48.47	-43.79	73.76	-29.47	29988.6	20.5177
Soldadura	611.63	-597.07	1178.55	-393.7	536624	64.9153
Tornillos	598.6	-584.59	984.47	-342.19	218771	2.65356

Bibliografía

Abril, E. C. (s.f.). Scribd. <https://es.scribd.com/document/410721412/Apoyo-Tipo-Empotrado#>

Aceromex S.A. de C.V. (2022). Catálogo de Productos. https://aceromex.com/assets/Aceromex_Catalogo.pdf

Altos Hornos de México. (2013). Manual de diseño para la construcción con acero. https://grupoazero.mx/docs/MANUAL_AHMSA_2013-2.pdf

American Institute of Steel construction. (15th) (2017). Steel construction Manual: An online resource. ISBN 978-1-56424-033-0.

Apoyos y reacciones de un cuerpo rígido. (s.f.). <https://www.fisicapractica.com/apoyos-y-reacciones.php>

Búa, M. T. (s.f.). 8.- Apoyos y enlaces entre elementos estructurales. https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/8_apoyos_y_enlaces_entre_elementos_estructurales.html

Comisión Federal de Electricidad. (2015). Manual de diseño de obras civiles: Ayudas de diseño. <https://www.udocz.com/apuntes/54179/cfe-ayudas-de-diseno>

Espinosa, L., & González, R. (2019). Relación entre las tolerancias dimensionales y geométricas en los procesos de fabricación. Centro Azúcar, 46(3), 90-98. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v46n3/2223-4861-caz-46-03-90.pdf>

Formlabs. (19 de 01 de 2023). Nociones básicas de dimensionamiento geométrico y tolerancias (GD&T). <https://formlabs.com/es/blog/dimensionamiento-geometrico-tolerancias-gdt/>

Gere, J. M., & Goodno, B. J. (2009). Mecánica de materiales . Cengage Learning Editores.

Grupo Tecnología Mecánica. (17 de 01 de 2023). Procesos de Fabricación. Ajustes y Tolerancias: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/11.pdf>

Hibbeler, R. C. (2011). Mecánica de materiales . PEARSON.

Hidalgo, B. M. (2015). Femap y Simcenter

Nastran. <https://iberisa.wordpress.com/2015/10/13/rbe2-vs-rbe3-on-femap-with-nx->

[nastran/#:~:text=El%20elemento%20RBE3%20es%20una,rigidez%20adicional%20a%20la%20estructura.](#)

Inacap. (s.f.). Universidad tecnológica de Chile. [http://www.inacap.cl/web/material-apoyo-cedem/alumno/Construccion/G01_Calculo Estructural. Analisis Estructural.pdf](http://www.inacap.cl/web/material-apoyo-cedem/alumno/Construccion/G01_Calculo_Estructural_Analisis_Estructural.pdf)

Ingeniería SYCiv. (01 de 09 de 2022). SkyCiv. <https://skyciv.com/es/docs/tutorials/beam-tutorials/what-is-bending-moment/#:~:text=Definici%C3%B3n%20del%20momento%20de%20flexi%C3%B3n&text=Los%20momentos%20de%20flexi%C3%B3n%20ocurren,hace%20que%20algo%20se%20doble.>

Instituto Mexicano de la construcción en acero. (2002). Manual de construcción en acero: Esfuerzos permisibles. <http://lmsacero.com/acero/pdf/manualaceroimca.pdf>

Jarrón, A., Marini, S., & Oliva, A. (s.f.). Hidrostática Hidrodinámica. En Física VI. Prisma.

Maria, A. S. (2014). Modelos matemáticos. <https://slideplayer.es/slide/1715050/>

Material Mundial. (2019). Grados Material Mundial. <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>

Nieto, A. F. (08 de Marzo de 2022). Análisis de la viga de Timoshenko mediante el MEF a partir de la variante. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/38547/6/Trabajo-de-Titulaci%C3%B3n.pdf>

Prozion Metrology & Training. (19 de 01 de 2023). Dimensionado Geométrico y Tolerado (GD&T). <https://www.prozion.com.mx/gd-t/>

PTC. (17 de 01 de 2023). Centro de ayuda de Creo Parametric 9.0.3.0. Introducción a GD&T: https://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/r9.0/spanish/index.html#page/model-based_definition/intro_to_gdt.html#wwID0EQU4S

Universidad del país Vasco. (06 de 02 de 2021). TEORIAS DE FALLO ESTATICO. https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/50384/mod_resource/content/4/Tema%203%20%20Teor%C3%ADas%20de%20fallo%20est%C3%A1tico.pdf

Rodríguez, O. (17 de 01 de 2023). Máquinas, métodos y control dimensional del procesamiento. Ajustes: <https://mmcdp.webcindario.com/capitulos/11a-ajustes.pdf>

Ruiz, M. J. (27 de mayo de 2016). Diferencia entre los códigos "ASD" y "LRFD" adaptándose al "IMCA" (Tesis, Universidad Autónoma de Aguascalientes). Repositorio Bibliográfico. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/612/409408.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Skyciv. (19 de 12 de 2022). Secciones cónicas. <https://skyciv.com/es/docs/skyciv-section-builder/custom-shapes/tapered-sections/#:~:text=Un%20miembro%20no%20prism%C3%A1tico%20tiene,lo%20largo%20de%20su%20longitud.>

Wikipedia. (22 de Noviembre de 2022).
Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/A36_steel#:~:text=A36%20steel%20in%20plates%2C%20bars,\(400%E2%80%9350%20MPa\)](https://en.wikipedia.org/wiki/A36_steel#:~:text=A36%20steel%20in%20plates%2C%20bars,(400%E2%80%9350%20MPa))

Encuesta de satisfacción

Contestar encuesta:

<https://forms.gle/CKtPGvjSfJKAFUKL9> <<https://forms.gle/CKtPGvjSfJKAFUKL9>>

MANUFACTURA Y MODELADO DE ENGRANES RECTOS

Descripción académica

Actualmente la enseñanza de la manufactura asistida por computadora (CAM) en las Instituciones de Educación Superior y de Posgrado, requiere de una estrategia tecnológica que asegure la calidad educativa (CE) en esta área. Siendo necesario contribuir de manera participativa en el desarrollo de medios y métodos de enseñanza para mejores aprendizajes, debido a que existe como problemática una falta de conceptualización entre la manufactura convencional y la mentefactura digital-virtual.



Áreas de conocimiento

- Ingeniería y Tecnología



Nivel educativo

- Educación superior



Herramientas tecnológicas

- Software NX
- Máquinas industriales

Descripción tecnológica

A través de la comparación del proceso de fabricación de engranes en software contra el proceso de manufactura tradicional se busca mejorar el proceso de aprendizaje. Como complemento a la tecnología CAD/CAM/CAE es importante desarrollar productos académicos integradores multidisciplinarios guiados por un operario experto en el proceso de fabricación de los productos.

CONECTIVIDAD- ONLINE



<https://orcid.org/0000-0002-7153-2202> <<https://orcid.org/0000-0002-7153-2202>>

<https://orcid.org/0000-0001-7316-5015> <<https://orcid.org/0000-0001-7316-5015>>

Antecedentes

Como problemática se ha identificado que los estudiantes de las IES que estudian las áreas y asignaturas de: procesos de manufactura, manufactura asistida por computadora e ingeniería asistida por computadora. Tienen una limitada conceptualización de los alcances de estas asignaturas en el desarrollo e innovación de nuevos productos (Baéz & Espinoza, 2022), ya sea estudiando de manera parcelada cada asignatura, ya sea prefiriendo la operación presencial a pie de máquina o a través de digitalización virtual, mediante software especializado. Si bien el dominio de las habilidades y destrezas se logra mediante la continuidad y perseverancia personales en el estudio y profundización de los conocimientos de manera aislada en alguna de las asignaturas. El potencial formativo como una ocupacionalidad integradora se reduce a nivel operativo, ocasionando que la función creativa del diseñador o proyectista se demerite en cuanto a la calidad educativa, característica que se manifiesta a través de una débil o carente innovación de los procesos de fabricación a través del conocimiento explícito y vivencial de los procesos.

Ante este planteamiento de una débil contextualización integradora en la formación de la tecnología CAD/CAM/CAE como ingeniero de las áreas industriales, se justifica la intención de apoyarse en los Recursos Educativos Abiertos (REA), para desarrollar una secuencia didáctica sustentada en la emulación/reproducción de la fabricación de un producto mediante el concepto de la mentefactura, que por medio del aprendizaje por imitación compara el proceso de fabricación de un engrane. Tanto por manufactura convencional mediante máquinas herramientas (torno y fresa), como por manufactura digital virtual en software CAD/CAM/CAE. Resaltando el aseguramiento de la calidad educativa en el aprendizaje de la innovación de los procesos de manufactura. Esta comparativa se documenta mediante un reporte simple a través de una encuesta aplicada mediante Google Forms de un REA como estrategia de enseñanza asíncrona que ofrece una mejora sistemática en el maquinado de engranes rectos.

Considerando el objetivo de este trabajo diseñar un REA como una alternativa didáctica de la educación asíncrona, que proporciona estrategias y herramientas de enseñanza para el dominio digital-virtual de la tecnología CAD/CAM/CAE, fomentando el autoaprendizaje autónomo de las habilidades y destrezas digitales requeridas en la fabricación/maquinado digital-virtual de elementos de máquinas.

Siendo la estrategia didáctica un planteamiento integrador y multidisciplinario, el marco de referencia de este trabajo involucra los siguientes conceptos aplicados:

♦ **Mentefactura**

Como una definición de la mentefactura Goñi Zabala (2012) expone el concepto como la capacidad para llevar a cabo transformaciones ocupacionales a través de lo intelectual y del conocimiento, estableciendo transiciones de la filosofía de las empresas, que se convierten en instituciones que rompen el paradigma tradicional de la manufactura, al ver más allá de sus capacidades actuales. Buscando de manera continua transformar la industria para hacer más eficientes los procesos, incrementar la productividad y mantener la competitividad, con el fin de hacerle frente al mercado global, aprovechando el conocimiento y experiencia de sus asociados.

Trasladar los productos o servicios de una empresa en soluciones integradas y multidisciplinarias que mejoran y optimizan los procesos de los clientes, es una disrupción de la innovación al completo, tanto de los; productos, procesos y conceptos, que requieren el hacer una revisión mental sobre el pensar acerca de la empresa como entidad que innova y que despliega su creatividad al servicio del cliente (Goñi, 2012), de manera sintética la mentefactura propone dinamizar el ecosistema de innovación y emprendimiento de las regiones mediante la comercialización del conocimiento (Martínez y otros, 2022).

Este documento expone como proceso de mentefactura, el análisis y reflexión sobre la aportación que realiza el proceso convencional de manufactura de un engrane recto en la transición de la educación presencial a la digital-virtual, en cuanto a los insumos considerados como: material, equipo, dispositivos o elementos didácticos, que configuran una alta aproximación cognitiva a las operaciones, ejecuciones y habilitaciones ocupacionales.

♦ **Sistemas de calidad**

El éxito de las empresas manufactureras modernas requiere de la calidad como factor determinante para su competitividad, así mismo, también es característica de cualquier empresa que oferta y comercializa servicios. En ambos casos cuando se implican procesos sistemáticos para la optimización de los procesos y productos, se requiere de una vigilancia estricta para el control de las variaciones finales tanto en los productos como en los servicios, que se fabrican o prestan de manera repetitiva, ya sea de manera masiva o en serie. Contar con robustos sistemas de calidad permite obtener amplias ventajas competitivas en costes, ante la creciente complejidad de productos, procesos, sistemas y organizaciones, que se presentan por empresas nacionales o internacionales (Camisón y otros, 2006).

Entender la gestión de la calidad requiere aceptar una compleja combinación de ideologías y métodos, que son capaces de organizar y generar enfoques, modelos y sistemas de calidad, entendiendo estos últimos

♦

como el conjunto de elementos que interaccionan para aportar y agregar en los procesos productivos. La gestión de la calidad tiene como características la:

- ♦ Innovación, compatibilizándola con la estandarización.
- ♦ Fusión de conceptos y metodologías
- ♦ Cohesión de todos los grupos de interés
- ♦ Cooperación

Consolidar un eficiente sistema de Gestión de la Calidad, se logra al implementar desde la gerencia una filosofía que evita el aislacionismo, permitiendo una interacción multidisciplinaria que innova de manera continua el desarrollo y la manufactura/fabricación de los productos o la prestación de servicios, guiada por la observancia de las dimensiones de la calidad del producto/servicio (figura 1): calidad esperada, calidad programada, calidad realizada y calidad latente (Camisón y otros, 2006).

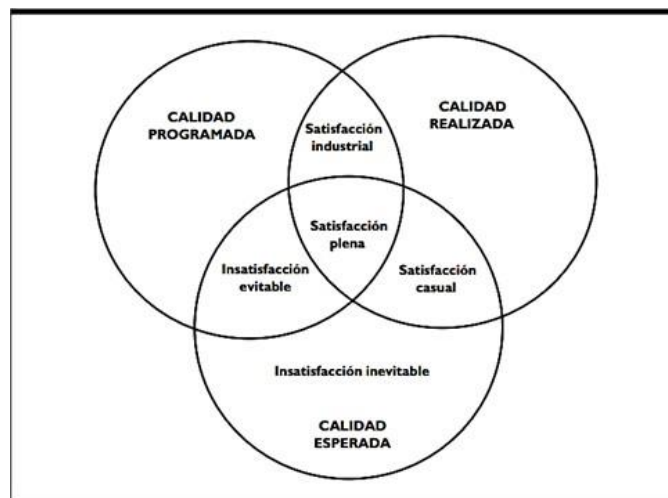
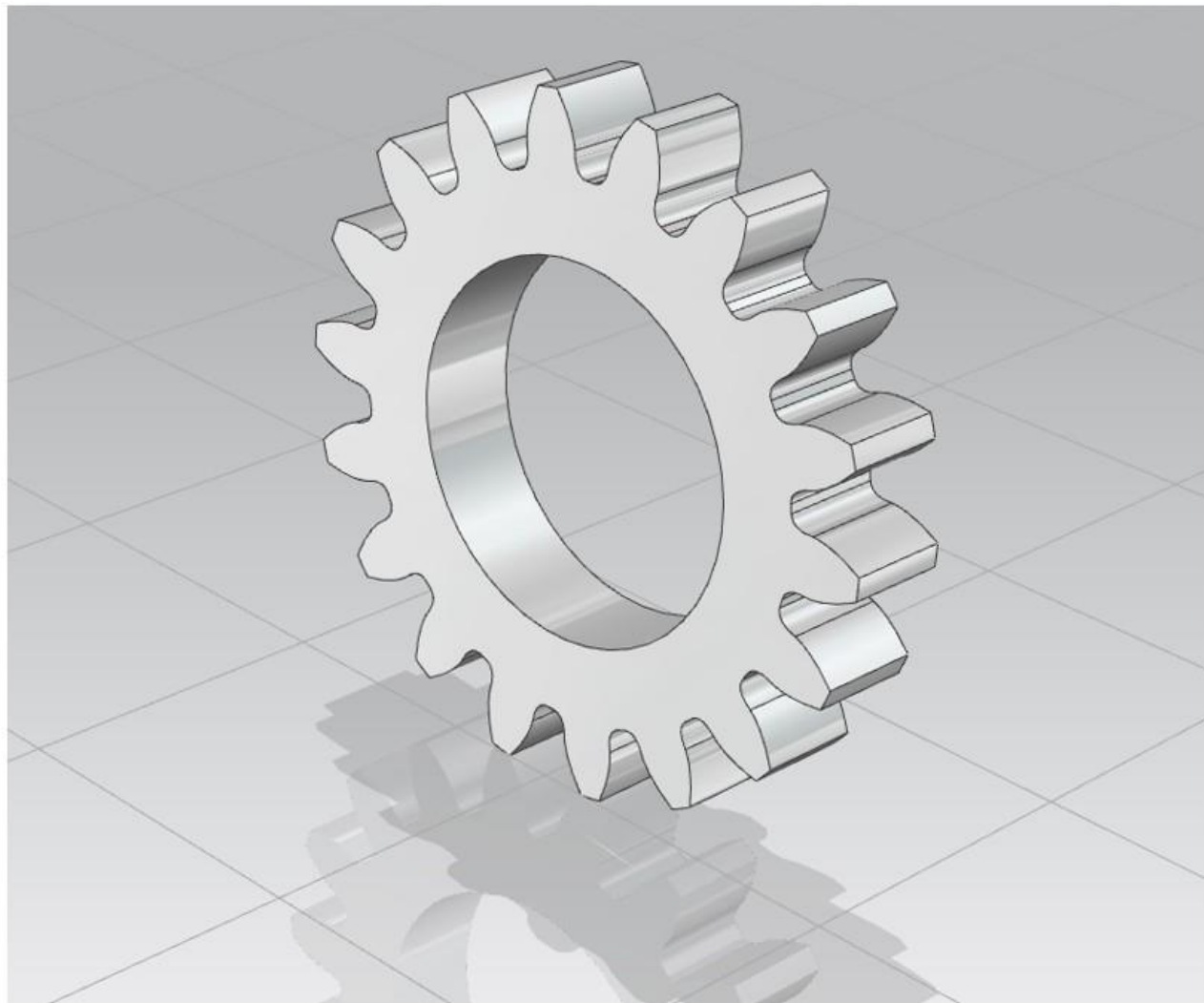


Figura 1. Interrelación de las dimensiones de la calidad.

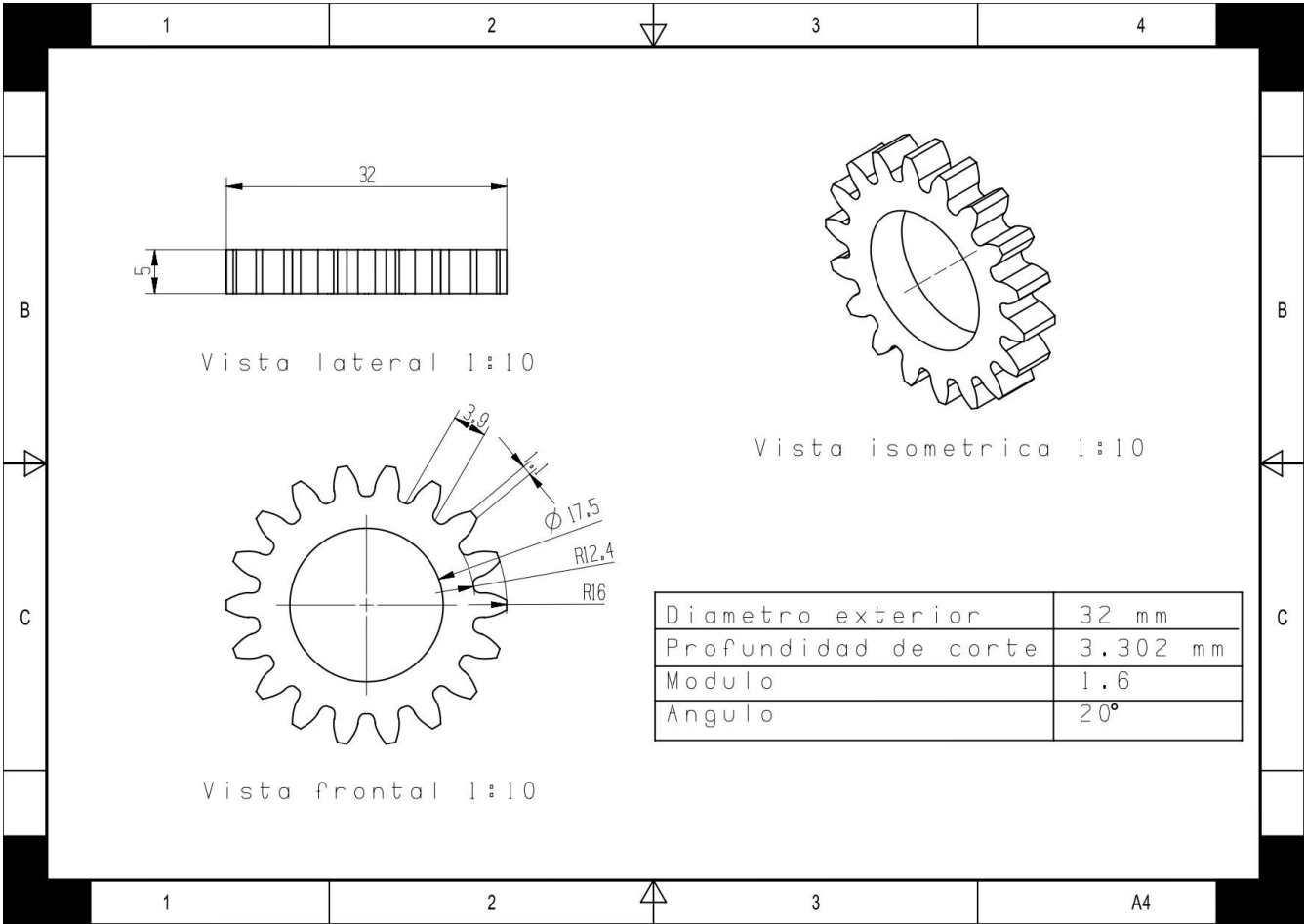
CAD de los elementos de máquinas

Instrucciones: Realizar el CAD propio siguiendo las instrucciones ubicadas en la sección de planos.



Planos

♦ Planos engrane



Hoja de proceso

Para conceptualizar el producto final a comparar (engrane) se desarrolló el diagrama de flujo del tipo cursograma sinóptico (figura 1), que describe la experiencia de la fabricación de un engranerealizado por estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica y Eléctrica por manufacturaconvencional en el Laboratorio de Mecánica de una IES pública. Para mayor detalle del tema Diagramas de flujo de proceso verificar el capítulo 7 del libro Organización de Empresas 3ra edición por Enrique Benjamín, et al.

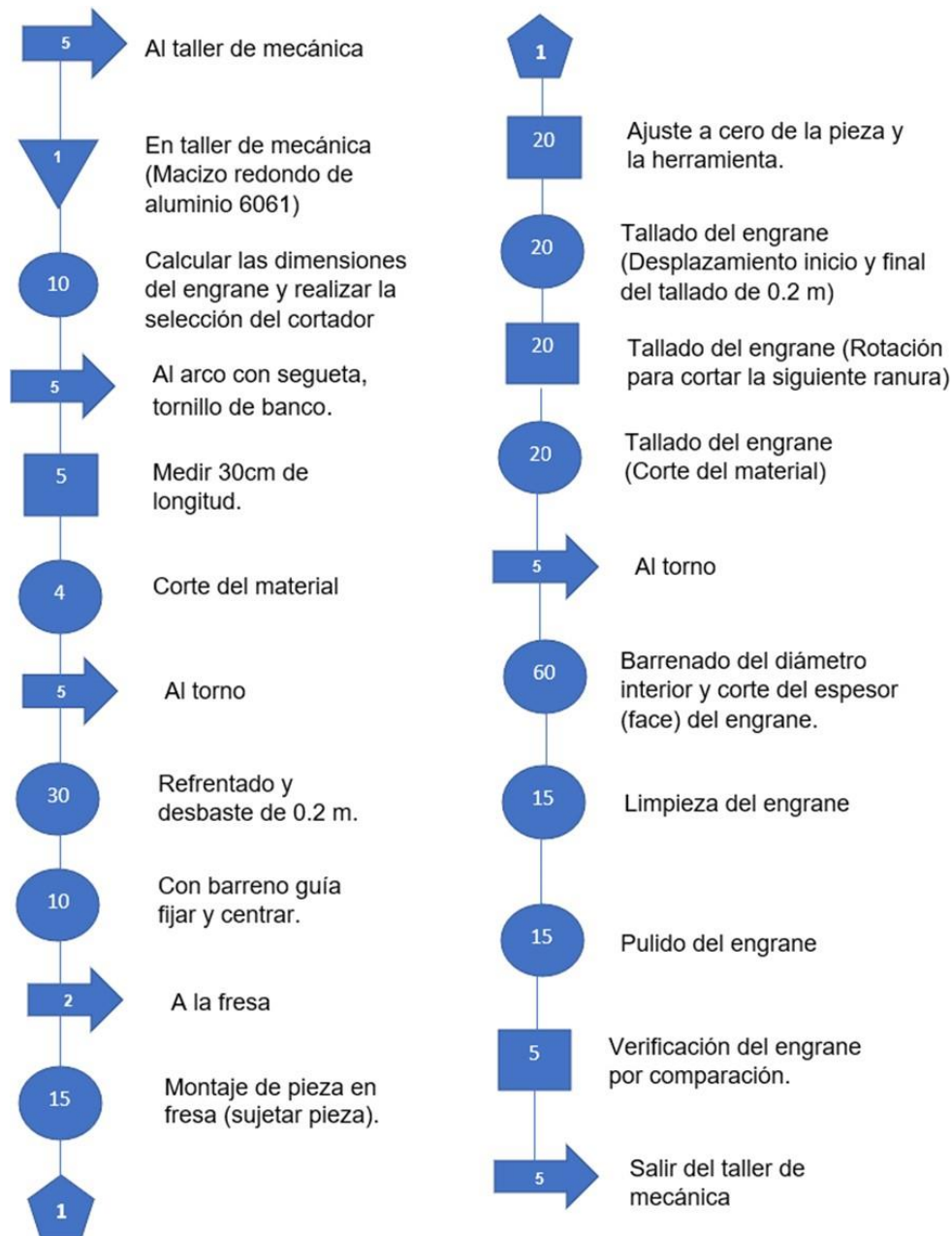


Figura 1: Cursograma sinóptico de las operaciones de flujo del proceso de fabricación de un engrane.
Desarrollo propio.

Actividad

Instrucciones

Refuerza tus conocimientos realizando la siguiente actividad:



<https://view.genial.ly/63efedf71770b50011410678/interactive-content-engranes-la-mazmorra-del-dragon>

Propiedades mecánicas

Muchos materiales cuando son utilizados están sometidos a fuerzas o cargas. En tales situaciones es necesario conocer a profundidad sus características y de esta forma diseñar la pieza de tal manera que cualquier deformación resultante no sea excesiva y no se produzca el fallo del material. Las propiedades mecánicas de los materiales, como elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad, determinan el comportamiento de éstos bajo la acción de fuerzas externas continuas o discontinuas, estáticas, dinámicas o cíclicas que se ejercen sobre ellos. Por lo tanto, el estudio de las propiedades mecánicas de los materiales es muy importante al momento de elegir el material para construir un determinado objeto con aplicación tecnológica (IFUNAM, 2023).

Tanto para la simulación y el maquinado del material se utiliza el Aluminio 6061. La densidad del aluminio depende de la aleación, sin embargo, no se presenta una variación desproporcional. Los promedios de la densidad del aluminio se encuentran en el orden de 2700 kg/m3 más menos el5%. En la tabla 1 se muestra el fragmento de la tabla Densidad Nominal de las aleaciones de aluminio del documento Aluminum Specification (León, 2012).

Tabla 1: Densidad de Aleaciones de aluminio.

Aleación	Densidad(lb/in ³)	Densidad(kg/m ³)
6005	0.097	2,700
6061	0.098	2,700
6063	0.097	2,700

Las propiedades mecánicas utilizadas para definir el material en el software se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Propiedades mecánicas Aluminio 6061.

Propiedades Aluminio 6061	Manuales	Librería NX
Mass Density	2,700 kg/m3	2.711e-06kg/mm ³
Young´s Modulus	69500[MPa]	68980000 KPa
Poisson´s Ratio	0.33	0.33
Yield Strength:	276 MPa	241700 KPa
Ultimate Tensile Strength	310 MPa	275950 KPa

- Velocidades de corte

Los parámetros de corte se ajustan según la rigidez, torque y potencia de la máquina sumado a las características de la herramienta de corte. La velocidad de corte a la que gira la herramienta utilizada como unidad de medida m/s, se calcula mediante la fórmula 1 y suele especificarla el fabricante mediante tablas, existe un límite de velocidad que varía según el material a cortar y el trabajo mecanizado a realizar.

Formula 1:

$$V_c = \frac{\pi * D * n}{1000}$$

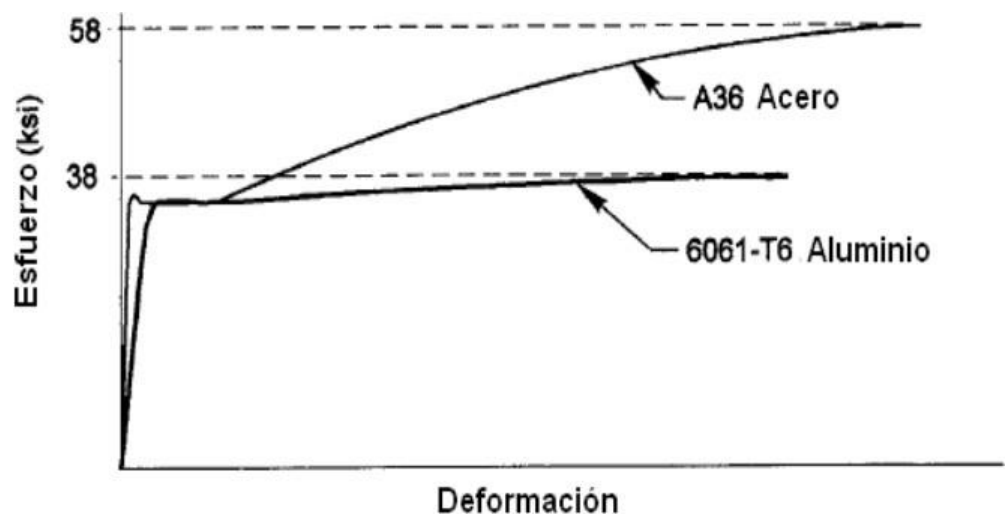
Tabla 3: Velocidades de corte para fresado.

Cálculos para trabajos de fresado	
V = Velocidad periférica del corte en metros minuto. D = Número de revoluciones de la fresa.	$V = \frac{\pi D N}{1000}$
N = Número de revoluciones de la fresa.	$N = \frac{1000 V}{\pi D}$
T = Tiempo de duración de la pasada de corte en minutos. L = Longitud de corte en mm. A = Avance por revolución.	$T = \frac{L}{N A}$
KW = Potencia necesaria en Kilovatios. Caballos de vapor C. V. = $\frac{KW}{0.74}$	$KW = \frac{a I S}{1000 C}$
C = Volumen de viruta en cm^3 que puede cortar la fresa por kW minuto.	
MATERIAL	C = Volumen cortado en cm^3 / kW minuto
Acero de 40-60 kg/mm^2	14
Acero de 60-85 kg/mm^2	12
Acero de 85-110 kg/mm^2	10
Acero de 110-180 kg/mm^2	8
Fundición blanda 180 Brinell	25
Fundición semidura 200 Brinell	20
Latón	40
Bronce corriente	30
Bronce Fosforoso	20
Aluminio	65
Aleaciones de Aluminio	50
S = Avance por minuto de la mesa (N Z H). Z = Número de diente de la fresa. I = Ancho de la fresa. A = Profundidad del corte. H = Avance por diente. Atención a la rigidez de los sistemas de fijación de las piezas a la máquina, con el fin de asegurar la máxima solidez de la sujeción.	

Diagrama esfuerzo-deformación

El módulo de elasticidad de un material E (también designado módulo de Young) es la pendiente de la curva elástica de tensión-deformación y es una medida de la rigidez al alabeo del material. El módulo de elasticidad de las aleaciones del aluminio es apenas la medida ponderada de los módulos de su componente aleando los elementos. El módulo del acero 29,000 ksi (200,000 MPa) es tres veces mayor que el del aluminio, por lo que el acero es considerablemente más rígido (León, 2012).

Tabla 1: Grafica esfuerzo deformación Aluminio 6061.



Tomada de: (León, 2012)

Actividad

Instrucciones

Refuerza tus conocimientos realizando la siguiente actividad basada en "CAD de los elementos de máquinas":

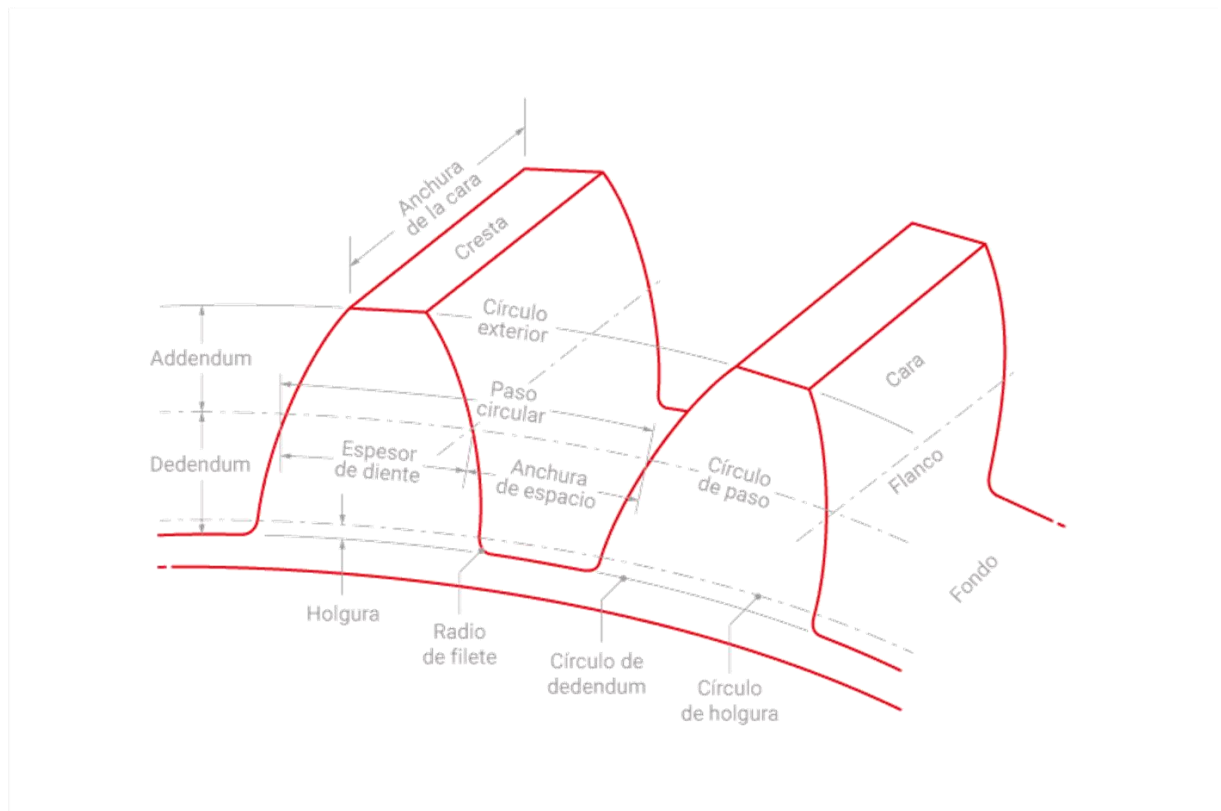


<https://view.genial.ly/63eecc2c45853d00184d338e/interactive-content-engrane-industria>

Teoría de diseño de engranes rectos

Un engrane recto es uno de los principales tipos de engranes. Sus dientes son rectos y paralelos a la línea del centro del eje que soporta al engrane. En un sistema de engranajes, a medida que gira el engrane recto, sus dientes ejercen una fuerza sobre el engrane compañero, que es tangencial a los círculos de paso de los dos engranes (Mott, 2006). En la figura 1 se muestran a detalle las partes de un engrane, dentro de los cálculos necesarios para diseñar un engrane de manera analítica se encuentran el paso circular, diámetro de paso, el módulo, la holgura, profundidad e incluso el espesor del diente, entre otros. En el diseño de engranes no existe una única solución óptima, los engranes se pueden diseñar a partir de necesidades específicas de transmisiones de velocidad y de aplicación. Se busca que el resultado funcione en forma uniforme, sea de bajo costo, fácil de fabricar y compacto.

Figura 1: Partes del diente de un engrane recto.



Tomada de: (CLR, 2023)

Analítica

Se realizan los cálculos para el diseño de un engrane de 18 dientes con un paso diametral de 16 (dato obtenido a partir del cortador utilizado en el proceso de maquinado). El Paso diametral P , es la razón del número de dientes N_G de un engrane a su diámetro de paso. Para un sistema de engranajes debe tenerse presente que los engranes acoplados deben tener el mismo paso diametral.

Tabla 1: Formulas para el cálculo de engranes rectos

Diámetro de paso	$P = \frac{N_G}{d_G}$ $d_G = \frac{N_G}{P}$
Paso circular	$P_d \rho = \pi$ $\rho = \frac{\pi}{P_d}$
Módulo	$m = \frac{25.4mm}{P_d} \text{ o } m = \frac{D_{ext}}{N_G + 2}$
Addendum (Altura de cabeza)	$A = \frac{1}{P_d}$
Dedendum (Altura del pie)	$D = \frac{1.25}{\text{Paso diametral}}$
Holgura	$h = D - A$
Profundidad total	$h_{total} = D + A$
Profundidad de trabajo	$\text{Profundidad} = 2A$
Espesor del diente	$t = \frac{\pi}{2P_d}$
Diámetro exterior	$D_{ext} = \frac{N_G + 2}{P_d}$

Resultados obtenidos:

$$d_G = \frac{18}{16} = 1.125 \text{ in o } 31.75 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{\pi}{16} = .1963 \text{ in o } 4.98602 \text{ mm}$$

$$m = \frac{25.4 \text{ mm}}{16} = 1.5875 \text{ mm}$$

$$A = \frac{1}{16} = 0.0625 \text{ o } 1.5875 \text{ mm}$$

$$D = \frac{1.25}{16} = .078125 \text{ o } 1.984 \text{ mm}$$

$$h = D - A$$

$$h = 0.078125 - 0.0625 = 0.016125$$

$$h_{total} = D + A$$

$$h_{total} = 0.078125 + 0.0625 = 0.140625$$

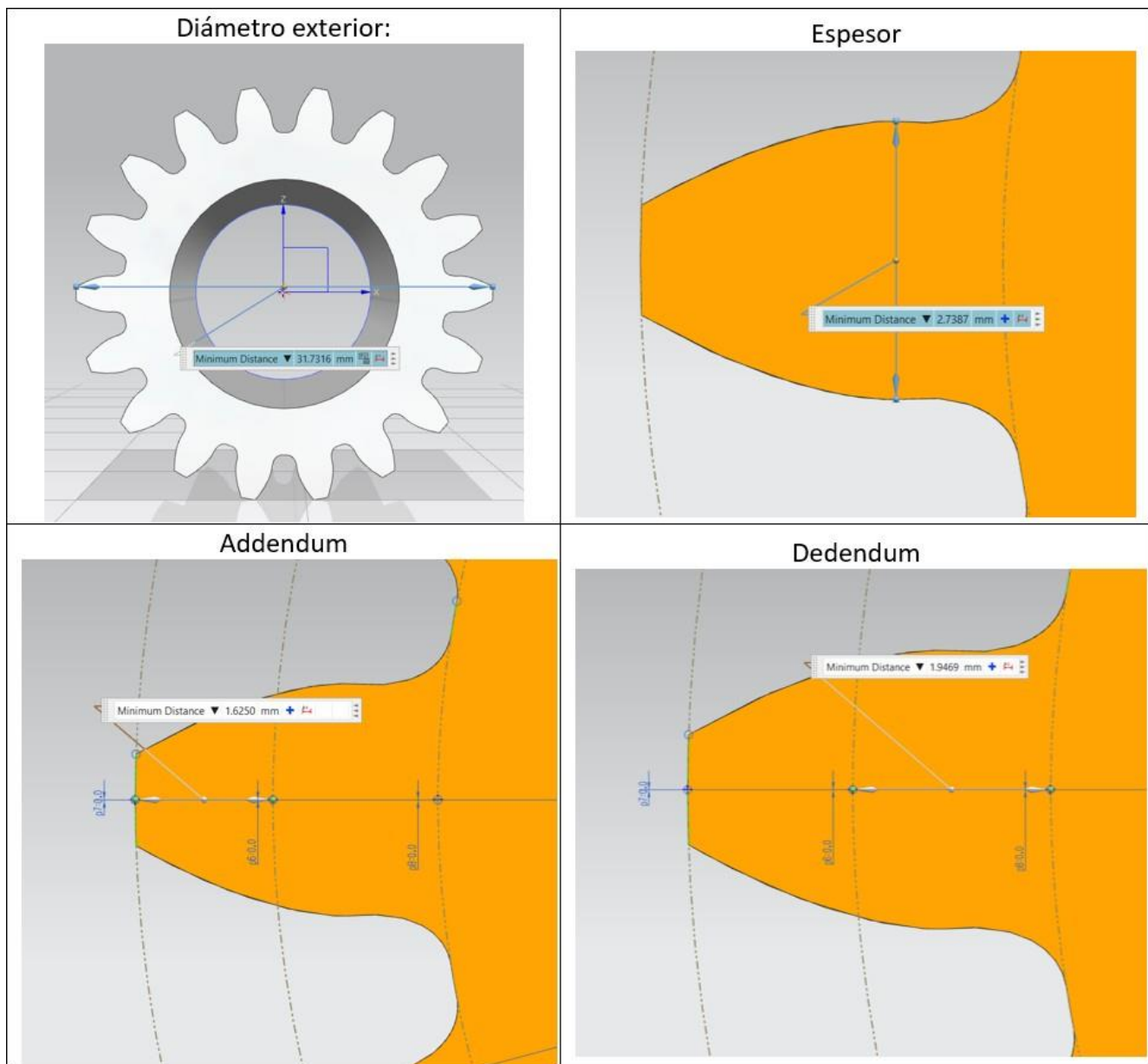
$$\text{Profundidad} = 2(.0625) = 0.125 \text{ in o } 3.175 \text{ mm}$$

$$t = \frac{\pi}{2(16)} = 0.09817 \text{ in o } 2.4935 \text{ mm}$$

$$D_{ext} = \frac{18 + 2}{16} = 1.25 \text{ in o } 31.75 \text{ mm}$$

Se puede comprobar la aproximación de los resultados obtenidos:

Figura 1: Medidas CAD de engrane recto generado por el software.



Fresado de engranes

Realizados los cálculos necesarios, se procede a cortar el material (aluminio 60-61) con una sierra de corte, el largo deseado a trabajar son 30 cm. Pasos a seguir:

1.- Se traslada el material al torno.

2.- Se realiza las operaciones de refrentado y desbaste en el torno.

2.1.-El desbaste se realiza a 800 RPM retirando 0.2 m con un buril de 3/8".

2.2.- El refrentado se realiza a 800 RPM con un buril de 3/8".

2.3 Se realiza el barrenado guía a 400 RPM quitando 0.04m de material, con ayuda de una broca de centro de 1/2" esto se hace con ayuda del contrapunto móvil, lo tenemos que fijar y centrar.

Figura 1: Proceso.





3.-Posteriormente trasladamos el material a la fresa. 4.-

Montamos la pieza en la fresadora.

4.1.- Se sujeta la pieza con ayuda del Chuck y Cabezal divisor de 2".

4.2.- Se coloca el contrapunto de 1" y tiene que ser fijado y centrado de manera adecuada.

4.3.- Es necesario colocar el cortador horizontal en el "porta herramienta", la herramienta necesaria tiene las siguientes características: No. 5, Paso diametral 16, estas medidas están establecidas por los fabricantes del cortador.

5.- Se ajusta a 0 la pieza y herramienta, es decir se posiciona a "cero relativo" en los ejes X,Y y Z, esto lo logran con ayuda de un Vernier.

6.- Tallado de engrane (La fresadora debe estar a 180 RPM).

6.1.- Se desplaza el material (aluminio 60-61) por el cortador con una profundidad de 0.02m, esto se logra con ayuda del carro longitudinal. El carro longitudinal lo manejamos de forma manual.

Figura 2: Proceso.



6.2.- Se debe rotar para la siguiente ranura, esto lo hacemos ayuda del cabezal divisor. El manejo de este es esencial para que el proceso se realice de manera satisfactoria y en este caso en particular se hizo de la siguiente manera:

6.2.1.- Se dan 2 vueltas con el cabezal divisor.

6.2.2.- Se mueven 6 barrenos adelante del barreno de inicio y así sucesivamente. 6.2.3.- Es necesario repetir este proceso hasta terminar el ranurado.

Figura 3: Proceso.



7.- Traslade el material al torno.

8.- Barrenado del diámetro interior y corte del espesor (fase) del engrane.

8.1.- Se coloca el material en le Chuck además de colocar el contrapunto y un broquero para iniciar con el procedimiento.

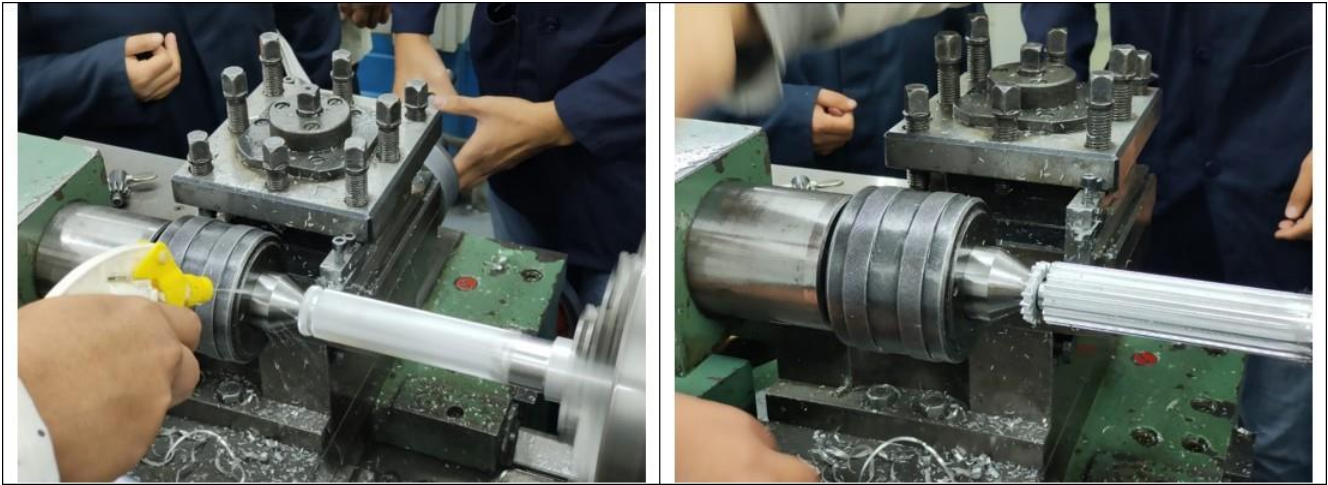
8.2.- El barrenado guía se debe realizar a 400 RPM con una broca guía de $\frac{1}{2}$ ".

8.3.- El barrenado final del mismo modo se realiza a 400 RPM con una broca de $\frac{11}{16}$ ". 8.4.- Centramos la pieza y retiramos el broquero.

8.5.- Ya centrada la pieza la fijamos con ayuda del contrapunto.

8.6.- Se debe cortar el engrane a 800 RPM con un buril de 3/8”.

Figura 3: Proceso.



9.- Verificación de la calidad del tallado de engrane.

9.1.- Se limpia el engrane con ayuda de un cepillo y charrasca a demanda.

9.2.- Se pule el engrane con pasta para pulir y un pañuelo, esto se hace a demanda. 9.3.- Debe verificarse el porcentaje de simetría por comparación.

Herramienta de apoyo CAD

La información disponible sobre el diseño de engranes en los diferentes softwares, muestra el modelado del CAD a partir de las circunferencias mayor, menor y el diámetro primitivo. En la figura 1, se muestra el proceso tradicional de modelado de engranes a través de los softwares SolidWorks y Catia V5. Cuando se requiere duplicar un modelo y se desconoce la medida del diámetro primitivo, se deben realizar los cálculos necesarios para obtener el dato a través de la teoría del diseño analítico. Una vez realizado el diente

Figura 1: Modelado de engrane a partir de geometrías.

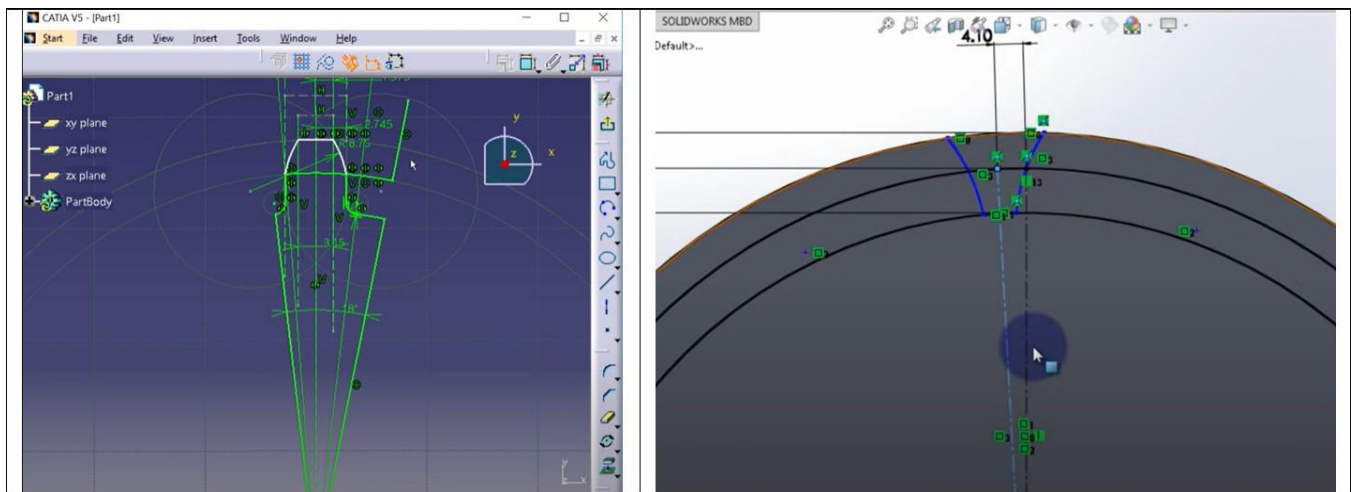
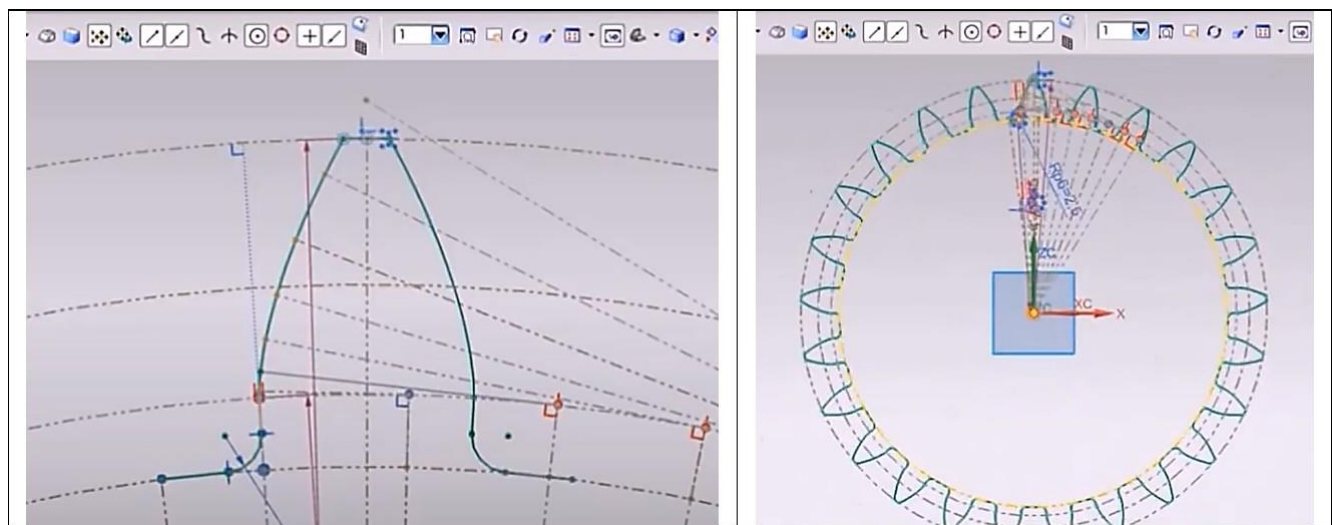


Figura 2: Modelado del diente de un engrane en NX a partir de geometrías.



GC ToolKit

Video apoyo para habilitar la herramienta GC ToolKit: https://www.youtube.com/watch?v=5Uwpvc-hrUY&ab_channel=Er.JatinSapraDesigning <https://www.youtube.com/watch?v=5Uwpvc-hrUY&ab_channel=Er.JatinSapraDesigning>

Apoyo 2: <https://www.swooshtech.com/2020/03/27/nx-gears/>
<<https://www.swooshtech.com/2020/03/27/nx-gears/>>

Tradicionalmente, los engranes en CAD se crean a partir de construir curvas y bocetos asociando las expresiones a sus funciones para obtener un modelo. Existen tutoriales en diversos softwares que utilizan el círculo primitivo y las circunferencias exterior e interior para realizar el boceto del engrane, sin embargo, estos modelos pueden no ser precisos o funcionales debido a la manera arbitraria en que se realizan.

La herramienta GC ToolKit, crea engranes a partir del módulo, número de dientes, ancho de cara y el ángulo de presión. Dichas características pueden ser encontradas en manuales comerciales de engranes, por lo que, a partir de esta herramienta se pueden crear engranes precisos y funcionales.

Figura 1: Herramienta GC ToolKit.

Actividad

Instrucciones

Refuerza tus conocimientos realizando la siguiente actividad basada en la "Teoría de diseño de engranes rectos":

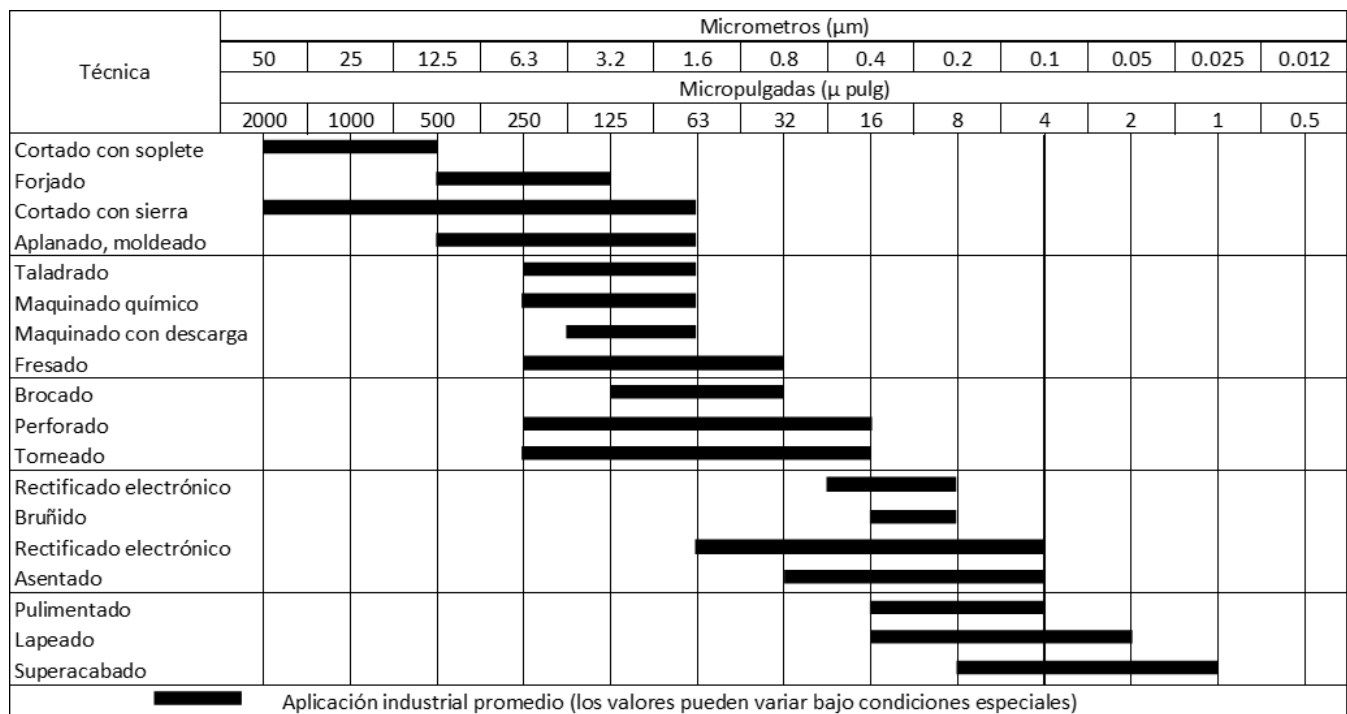


<https://view.genial.ly/63eee84a0c302a0013a93e21/interactive-content-engrane-escaperoom>

Ajustes y tolerancias

Para diseñar un elemento, pieza o parte, es necesario tener consideraciones de ajustes y tolerancias. El termino tolerancia indica la desviación permisible de una dimensión respecto del tamaño básico especificado. El termino ajuste suele indicar las holguras permisibles entre las piezas acopladas en un aparato mecánico que deba ensamblarse con facilidad, para las piezas que deben moverse en relación una con respecto a otra durante el funcionamiento normal del dispositivo, los ajustes se conocen usualmente como de rodamiento o deslizantes. De igual manera, e termino ajuste suele indicar la cantidad de interferencia que existe cuando la pieza interna debe ser mayor que la pieza externa. Los ajustes de interferencia se realizan para asegurar que las piezas acopladas no se muevan una en relación con la otra (ver apartado Ajustes o acoplamientos). El correcto funcionamiento de una máquina puede depender de las tolerancias especificadas para sus piezas, en particular, todas deben encajar entre sí, para ubicarse o tener un movimiento relativo adecuado (Mott, 2006).

Figura 1: Acabados producidos por diversas técnicas (Verificar apartado "Ajustes oacoplamientos").



Tomada de: (Mott, 2016).

Ajustes o acoplamientos

Los ensambles de elementos de máquinas que están sujetos a movimientos de rotación requieren de acoplamientos de tipo: eje base (figura 1) o agujero base (figura 2), cuya aplicación depende del movimiento relativo de rotación o traslación a realizar (Grupo Tecnología Mecánica, 2023).

Dependiendo de la relación que exista entre la distancia de inferencia el tipo de ajuste será:

- ♦ Ajustes con juego, cuando el eje es menor que el agujero.
- ♦ Ajuste incierto, no se define la referencia de relación entre el eje y el agujero. Ajustes con
- ♦ aprieto, cuando el eje es mayor que el agujero, antes de ser montados.

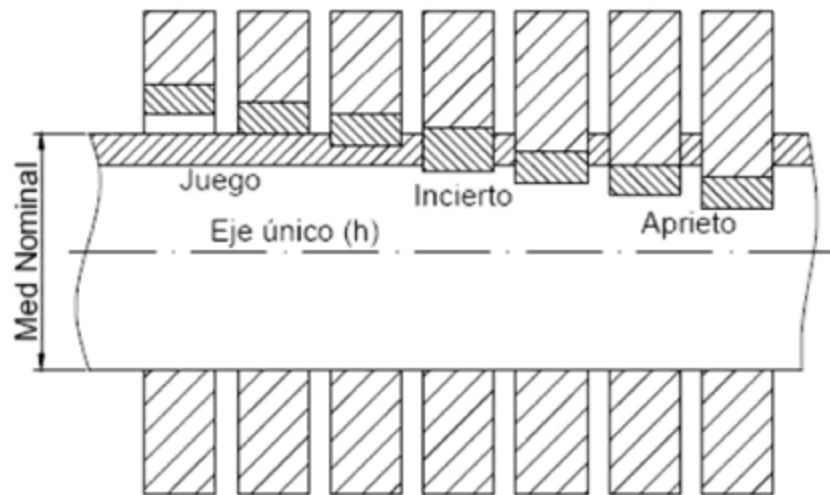


Figura 1. Tolerancias y Ajustes en eje base. Tomado de: (Rodríguez, 2023).

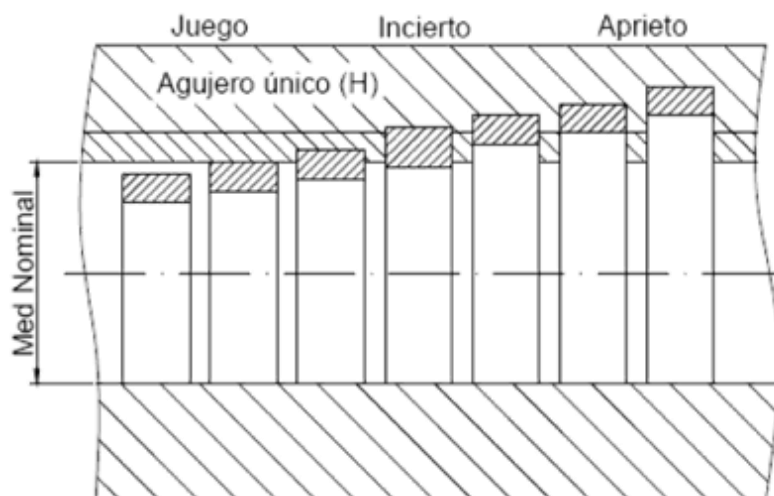


Figura 2. Tolerancias y Ajustes en agujero base. Tomado de: (Rodríguez, 2023).

GD&T

Como la geometría de los productos de fabricación por manufactura, impiden la obtención de dimensiones exactas entre cada una de sus piezas. El uso de las normas GD&T permiten aproximar en el diseño de un producto a los planos o dibujos de fabricación con la manufactura y especificaciones de estos (Gómez & Romero, 2007).

La dimensión y tolerancia geométrica (GD&T), es una expresión simbólica utilizada en planos y modelos de ingeniería para definir la desviación o variación permitida de la precisión geométrica de un producto que se fabrica o ensambla por procesos de manufactura.

Los elementos y componentes gráficos del lenguaje GD&T, se componen por: cotas, tolerancias, símbolos, definiciones, reglas y convenciones geométricas, que se utilizan para referir posiciones, orientaciones, tamaño y forma (figura 1 y figura 2) de cada modelo o diseño de un producto.

Figura 1. Tolerancias de forma. Tomado de: (PTC, 2023)

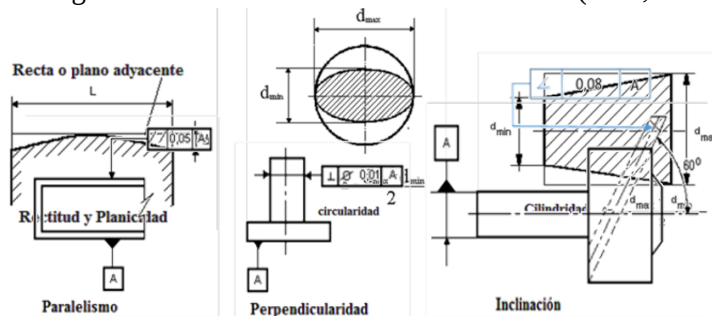


Figura 2. Tolerancias de posición. Tomado de: (PTC, 2023).

Las tolerancias GD&T (Espinosa & González, 2019) se clasifican en los siguientes tipos:

Tolerancias geométricas, utilizadas cuando las tolerancias dimensionales, tienen limitaciones para comprobar una característica geométrica en el ensamble o montaje entre elementos geométricos.

- Tolerancias de forma que controlan las desviaciones del aspecto físico del elemento geométrico de las piezas, se incluyen dentro de este tipo, la tolerancia de: rectitud, planicidad, circularidad y cilindridad.
- Tolerancias de posición u orientación, pueden ser de: línea o plano, se clasifican como tolerancia de: paralelismo, perpendicularidad e inclinación.
- Tolerancias acumulativas, permiten controlar las desviaciones combinadas de forma y posición en su interacción. Representan variaciones de superficie de forma radial y axial.

Figura 3. Resumen de los símbolos de tolerancia geométrica. Tomado de: (Formlabs, 2023)

Aplicación	Tipo	Característica	Símbolo
Características individuales	Forma	Rectilíneo	—
		Planitud	
		Circularidad	
		Cilindricidad	
Funciones individuales o relacionadas	Perfil	Perfil de línea	
		Perfil de superficie	
Funciones relacionadas	Orientación	Angularidad	
		Perpendicularidad	
		Paralelismo	
	Localización	Posición	
		Concentricidad	
		Simetría	
	Fuera de centro	Circular	
		Total	



Datum

⊕

⌀ 0.25 (M)

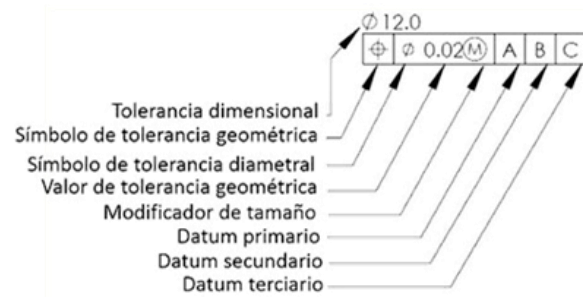
B

C (M)

Cuadro de control de características

Rectángulo de Tolerancia, la presentación en el plano de las características que permiten identificar las variaciones de las piezas por: orden el tipo de tolerancia, el valor de la tolerancia y la referencia, o las referencias, a los datum, y también se le puede añadir información adicional (Prozion Metrology & Training, 2023).

Figura 4. Ejemplo de rectángulo de tolerancias. Tomado de: (Prozion Metrology & Training, 2023).



Como complemento a la información, se recomienda visitar la
página: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/gd-and-t/basic/>
<<https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/gd-and-t/basic/>>

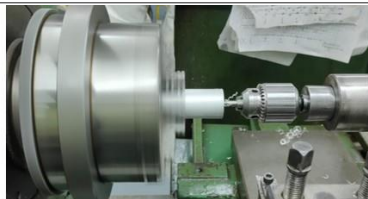
Manufactura convencional (Engrane recto)

En la industria, las medidas de seguridad y las especificaciones de uso de la maquinaria son más rígidas que en un taller mecánico. En la manufactura convencional, las reglas de seguridad se dan a partir de indicaciones verbales al igual que las indicaciones para la manipulación de la máquina herramienta. Los manuales industriales van desde notas generales de seguridad, introducción a las partes y orientaciones, instrucciones específicas de operación y para fresadoras industriales CNC se incluyen apartados para la programación, códigos G y M, mantenimiento y ajustes. En la figura 1 se muestran las fresadoras utilizadas en la industria contra las utilizadas en talleres mecánicos.

Figura 1: Fresadora y Torno.



Diagrama de flujo de proceso

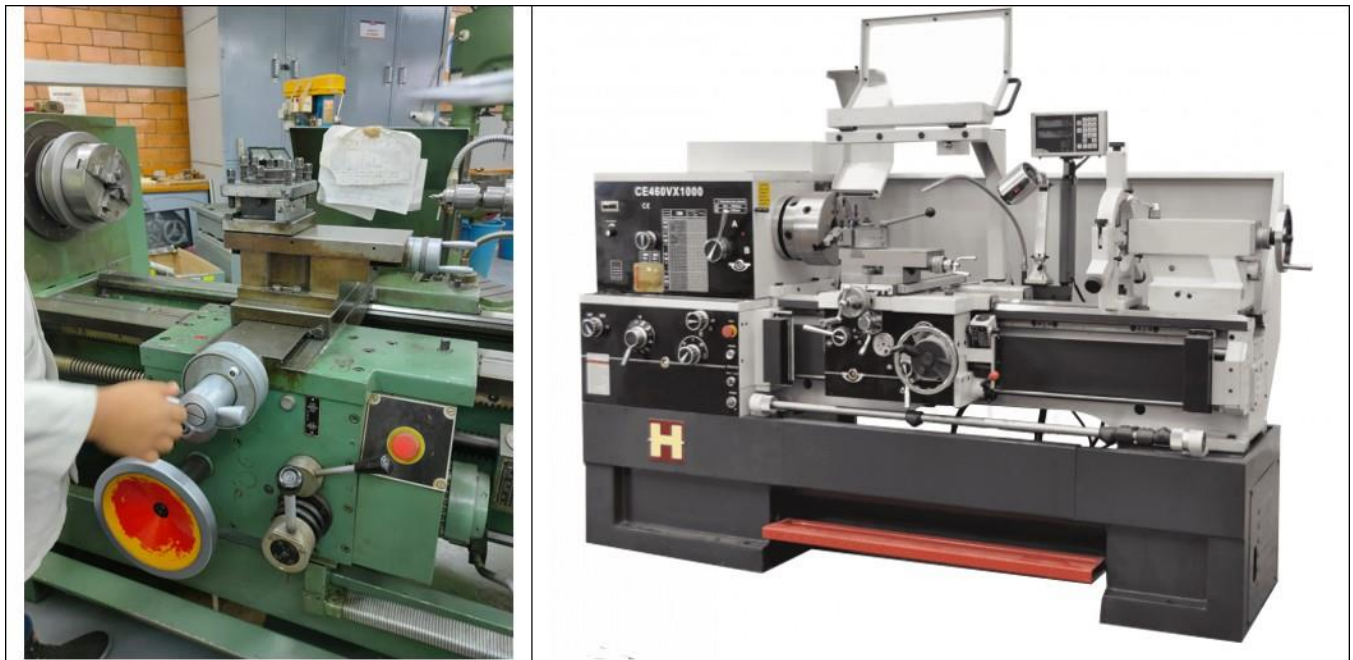
Diagrama de Flujo de Proceso Convencional													
Clase de Operación	Tipo de Operación			Tipo de herramienta	Medida de la herramienta	Tiempo	Símbolo de la operación						Observaciones e imagen de referencia
	Elemento	Velocidades	Cantidad de corte				Minutos	○	⇒	D	□	▽	
		RPM	m										
Calcular las dimensiones del engrane y realizar la selección del cortador	Analítico			Libreta, calculadora y catálogo de cortadores		10	●						Diametro Exterior=$\frac{No. dientes+2}{Paso diametral} = \frac{18+2}{16} = 1.225 in = 31.75 mm$ $\frac{2.157}{Paso diametral} = \frac{2.157}{16} = 0.13 in = 3.302 mm$ 1 vuelta del chuck = 40 vueltas del cabezal divisor $\frac{40}{18} = 2 vueltas del cabezal divisor$ $\frac{No. de barrenos}{No. de dientes} (Residuo) = \frac{27}{18} (4) = 6 barrenos$ 2 vueltas y 6 barrenos debe avanzar el cabezal divisor $Diametro primitivo = \frac{Diametro exterior - D.inferior}{2} = 2.85$ $Módulo = \frac{Diametro exterior}{No. de dientes + 2} = \frac{32}{18 + 2} = 1.6$
Corte del material	Seccionar macizo redondo de aluminio 6061	S/R	0.3 Lineales	Arco con segueta, Tornillo de banco y Flexómetro		4							
Trasladar material al						2	●						
Operaciones de maquinado en el torno: refrentado y desbaste	Desbaste	800	0.2	Buril	3/8"	40							 
	Refrentado	800		Buril	3/8"								
	Barreno guía	400	0.04	Broca de centros	1/2"								
				Broquero	1"								
	Fijar y centrar			Contra punto móvil									
Trasladar material a la fresa						2	●						
Montaje de pieza en fresa	Sujetar pieza			Chuck y Cabezal divisor	2"	15							
	Fijar y centrar			Contra punto	1"								
	Montar cortador			Porta herramienta y Cortador Horizontal	Cortador No. 5 Paso diametral 16								
Barrenado del diámetro interior y corte del espesor (face) del engrane	Barreno Guía	400		guía	2"	60	●						
	Barreno Final	400		Broca	11/16"								
	Centrar pieza			Contra punto									
	Cortar Engrane	800		Buril	3/8"								
Verificación de la calidad del tallado del engrane	Limpieza			Cepillo y charrasca	A demanda	35							
	Pulido			Pasta para pulir y pañuelo	A demanda								
	Verificar por comparación			Engrane patrón	Porcentaje de simetría								
						253	El tallado del engrane no aprobó la inspección de la calidad esperada, debido a un incorrecto centrado asimétrico entre el cortador y el arco de la pieza, ocasionando un desplazamiento de los						
						4 hrs 21 min	dientes del engrane, con respecto al eje transversal de simetría.						

[illegible]

Equipo Torno

El torno es una de las máquinas herramienta de mayor demanda del mercado, tanto en talleres de mantenimiento como en talleres de mecanizado para producción. En relación con la potencia del motor, a partir de 350 W, se realiza un trabajo profesional. Las partes que componen el torno paralelo son el cabezal, tren de engranaje y engranajes traseros, carro y porta herramientas y visualizador de cotas. En la industria, utilizar un torno CNC presenta ventajas, siendo una de las principales el utilizar menos personal, esto debido a que un solo operario puede gestionar varios tornos CNC, una mayor precisión, es ideal para grandes series de piezas dadas sus características y también, puede funcionar con diferentes herramientas de forma simultánea (Heller, 2023).

Figura 1: Comparación Torno del taller contra Torno industrial.



Tomada de: Desarrollo propio y (Haas F1 Team, 2023).

Equipo Fresa

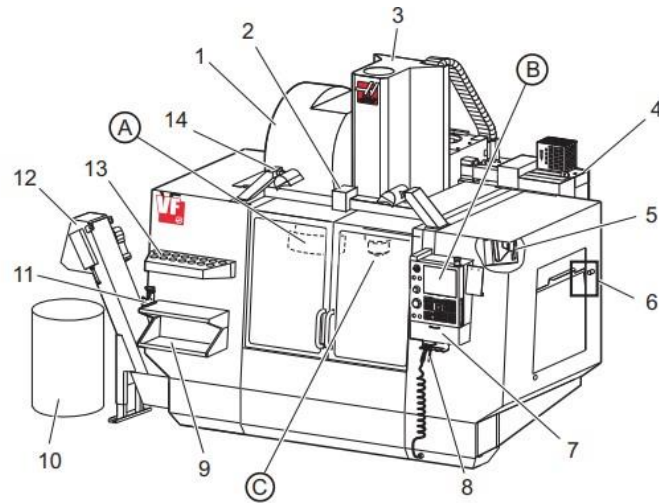
La fresadora es una máquina herramienta que posee un eje horizontal o vertical sobre el que gira una herramienta llamada fresa (herramienta de corte), la parte inferior tiene una mesa horizontal donde se coloca el material y se fija para aplicar el proceso de maquinado. Con una máquina fresadora se pueden modificar diversos materiales como el hierro, la madera, metales férricos, materiales sintéticos, entre otros (Aeromaquinados, s.f.). En las figuras 2 y 3 se muestran las partes y características de Fresadoras industriales según su orientación. Las fresadoras son capaces de realizar movimientos dinámicos en conjunto con la herramienta y pieza de trabajo; muchas fresadoras pueden trabajar varios ejes simultáneamente.

Figura 1: Fresadoras.



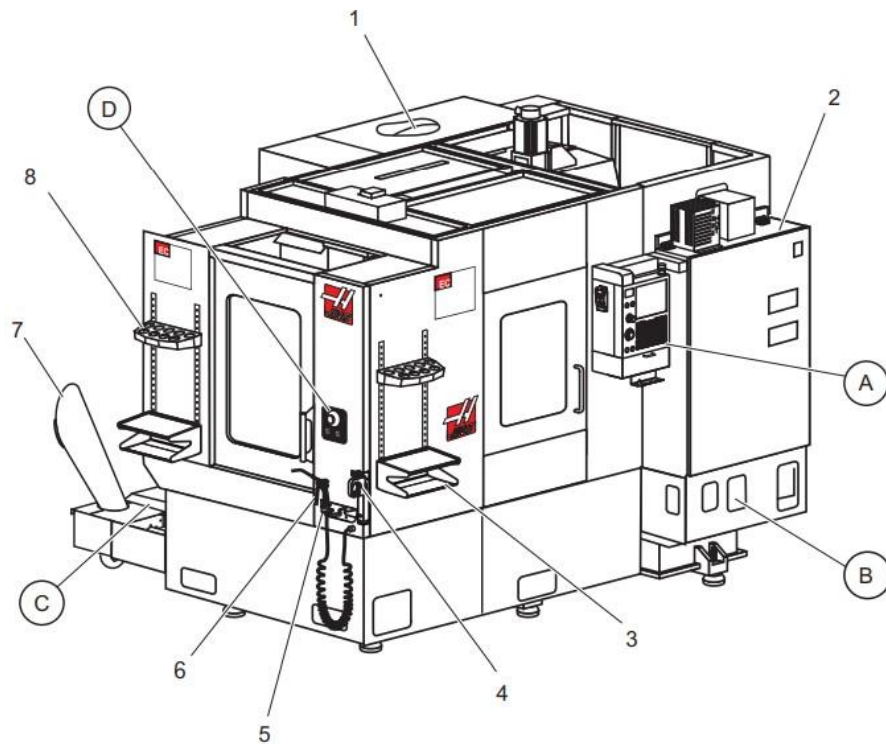
Fuente: Desarrollo propio y (Haas F1 Team, 2023).

Figura 2: Fresadora vertical.



- | | |
|--|---|
| 1. Cambiador de herramientas de montaje lateral (opcional) | A. Cambiador de herramientas paraguas (no se muestra) |
| 2. Puerta automática con servo (opcional) | B. Control colgante |
| 3. Conjunto del husillo | C. Conjunto del cabezal del husillo |
| 4. Caja de control eléctrico | |
| 5. Luz de trabajo (2X) | |
| 6. Controles de ventana | |
| 7. Bandeja de almacenamiento | |
| 8. Pistola de aire comprimido | |
| 9. Mesa de trabajo delantera | |
| 10. Contenedor de virutas | |
| 11. Tornillo de banco para sostener herramienta | |
| 12. Extractor de virutas (opcional) | |
| 13. Bandeja de herramientas | |
| 14. Luces de alta intensidad (2X) (opcional) | |

Fuente: (Haas Automation Inc, 2015)Figura 3:
Fresadora horizontal.



- | | |
|---|---|
| 1. Cambiador de herramientas de montaje lateral (SMTC) (opcional) | A Control colgante |
| 2. Caja de control eléctrico | B Conjunto de la fuente de aire |
| 3. Mesa de trabajo delantera | C Conjunto del depósito de refrigerante |
| 4. Tornillo de banco para sostener herramienta | D Controles del cambiador de paletas |
| 5. Bandeja de almacenamiento | |
| 6. Pistola de aire comprimido | |
| 7. Extractor de virutas (opcional) | |
| 8. Bandeja de herramientas | |

Fuente: (Haas Automation Inc, 2015)

Herramienta Cortador

Las fresadoras pueden ser configuradas con distintos tipos de herramientas de corte para diferentes enfoques de maquinado. Algunas de estas herramientas son: cortadores, brocas redondas, cortadores con 2 y 4 gavilanes, de acabado redondo o cuadrado. Existencia herramientas de sujeción como las mesas rotativas que ayudan a cambiar la dirección del maquinado de forma muy práctica. Los diferentes tipos de herramientas están basados en el tipo de material y forma del maquinado deseado. La herramienta básica y primordial de una fresadora es el cortador. El cortador es una barra dentada y afilada. El cortador gira rápidamente sobre su propio eje para cortar y dar la forma y geometría deseada (hay máquinas CNC de alta velocidad que pueden alcanzar giros de hasta 22,000 rpm). El cortador va sujetado por una boquilla (mandril) que varía dependiendo el diámetro del cortador. El cortador de una fresadora se escoge en relación con el material a maquinar y puede estar orientado de distintas formas. Generalmente, los dientes tienen un ángulo de forma helicoidal o también pueden ser rectos. Los dientes rectos generalmente son utilizados para materiales más densos, mientras que los helicoidales son utilizados para realizar cortes más suaves en materiales blandos. Esta variedad de cortadores se clasifica por cortadores rectos, redondos, en ángulo y en T (Tecno Maquinaria, s.f.). En la figura 1 se muestra el cortador utilizado para el maquinado del engrane.

Figura 1: Cortador Pado diametral 16 #5 para 20°.



Actividad

Instrucciones

Refuerza tus conocimientos realizando la siguiente actividad basada en los apartados de "Ajustes y tolerancias" y "Manufactura convencional (Engrane recto)":



<<https://view.genial.ly/63eeded41770b500113f911c/interactive-content-engranesvideojuego>>

CAM Engrane recto

Las fresadoras en la industria en ocasiones son automatizadas (CNC) y pueden ser posicionadas ya sea con orientación vertical u orientación horizontal para trabajar según el diseño a maquinar. Estos diseños generalmente son programados en software CAD (Diseño Asistido por Computadora) / CAM (Maquinado Asistido por Computadora) y transmitidos a la maquina CNC para realizar el mecanizando. Las fresadoras convencionales (manuales) son las más comunes en los talleres de maquinados.

Figura 1: Fresadora NX.

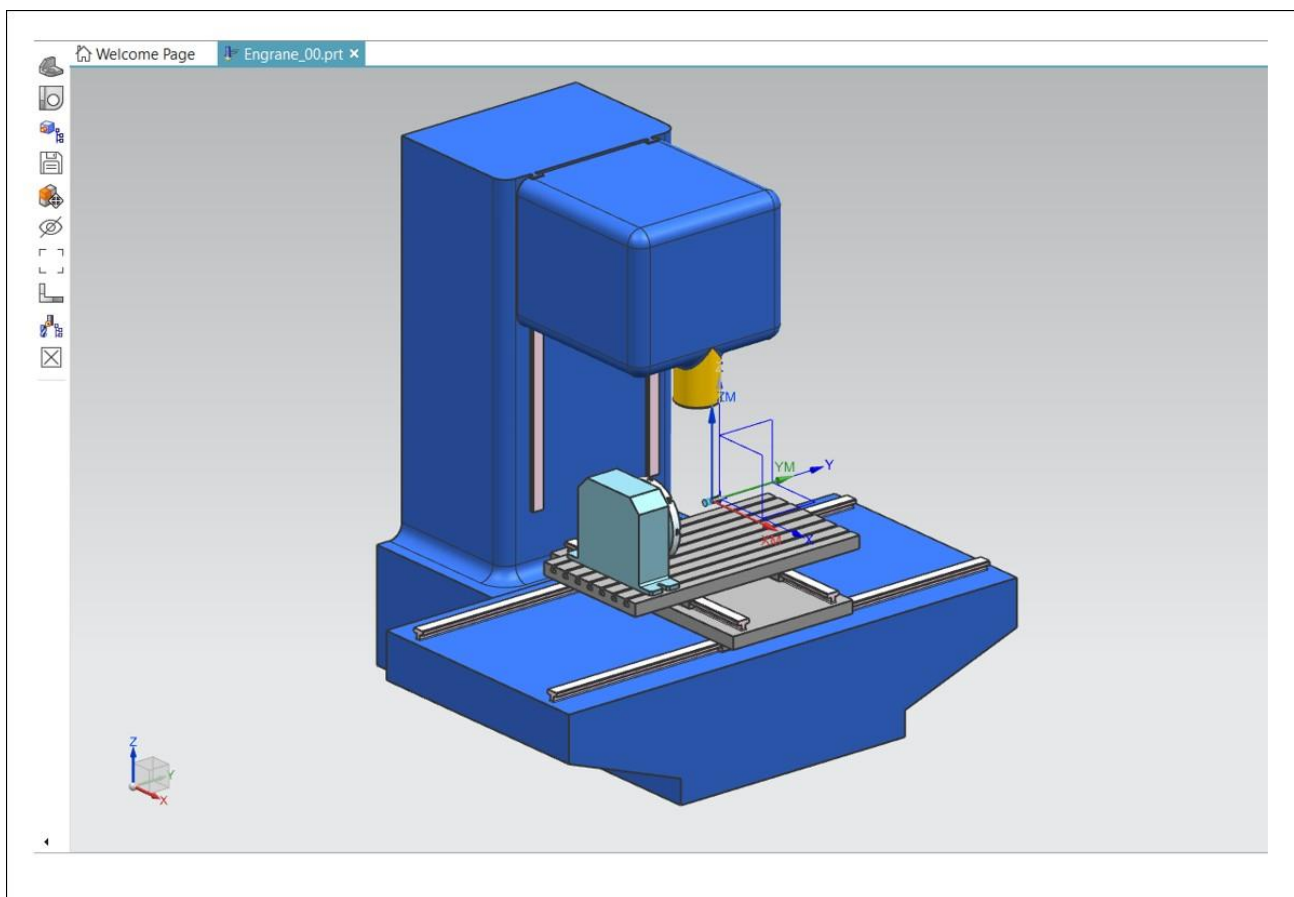
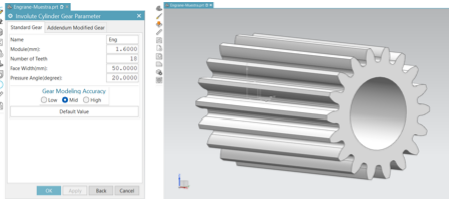
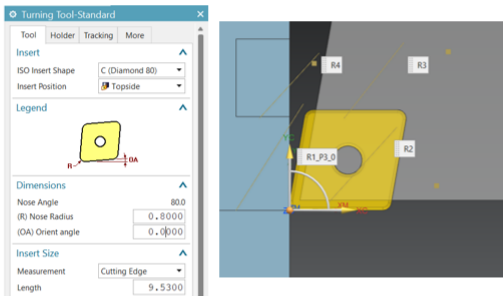
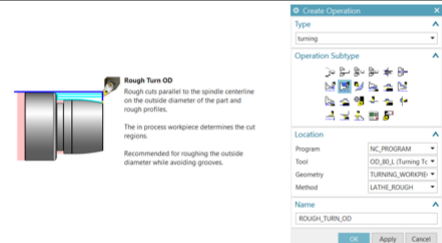
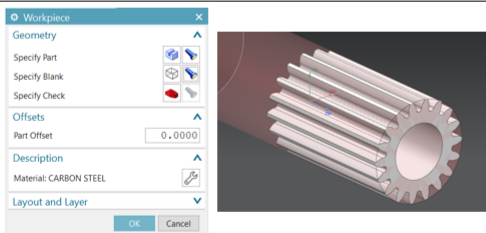
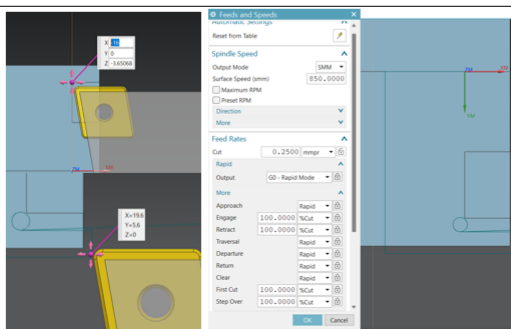
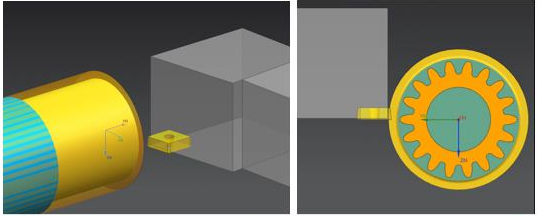
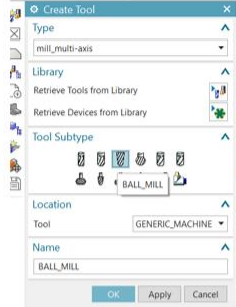
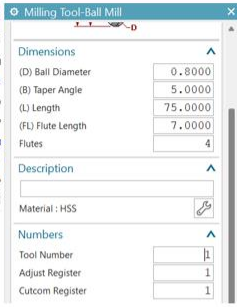
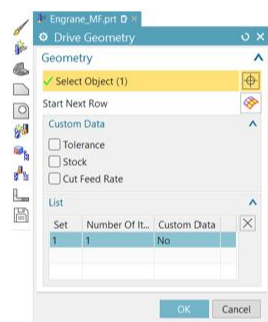
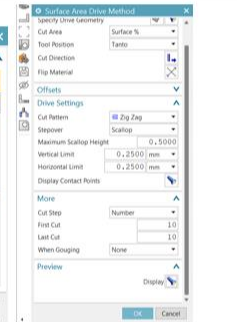
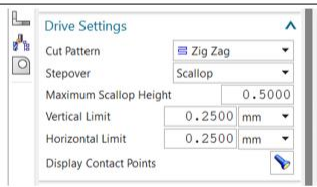
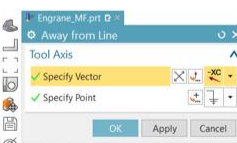
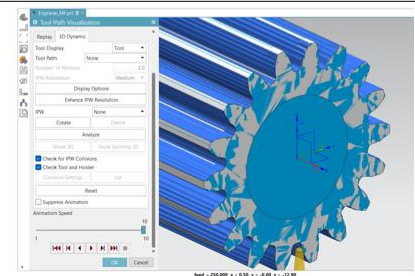


Diagrama de flujo de proceso

Diagrama de Flujo de Proceso CAM													
Clase de Operación	Tipo de Operación			Tipo de herramienta	Tiempo	Símbolo de la operación							Observaciones e imagen de referencia
	Elemento	Velocidades	Cantidad de corte										
		RPM	m										
Identificar valor del módulo, ángulo y numero de dientes para ingresar en la herramienta GC ToolKits.	Analítico			Catálogo de cortadores y Herramienta GC ToolKits	5 a 10	●						 $\text{Módulo} = \frac{\text{Diámetro exterior}}{\text{No.de dientes} + 2} = \frac{32}{18 + 2} = 1.6$	
SE OMITIÓ OPERACIÓN													
El CAD es llevado al entorno de Manufactura	Selección del tipo de manufactura			Turning (Torno o Torneado)	2	●						Se crea un archivo .prt, para realizar el CAD del engrane	
Creación de herramienta cortador	Inserto de torneado			OD 80 L	10	●							
Operación de Tonado	Desbaste			Create Operation con herramienta OD 80 L	10	●							
Se define la geometría y la geometría blanca	Geometry View			Workpiece	2	●							
Definición de posiciones de inicio de corte, avances y velocidades	Machine Tool	850	0.01	Feeds and Speeds	5 a 10	●							

Se genera el código y verifica la operación	Actions			Generate and View							
Creación de nueva operación Milling 4ax	New operation			Cortador de punta redonda	5						 
Configuración de los parametros de corte	Surface Area and Drive Method			Drive Geometry	5						 
Configuración de avances y velocidades	Machine Tool	1000	0.5	Feeds and Speeds	10						
Dirección de maquinado	Projection Vector and Tool Axis			Toward line Away from line	5						 
Se genera el código y verifica la operación	Actions			Generate and View	5						

Equipo Torno

Video apoyo:

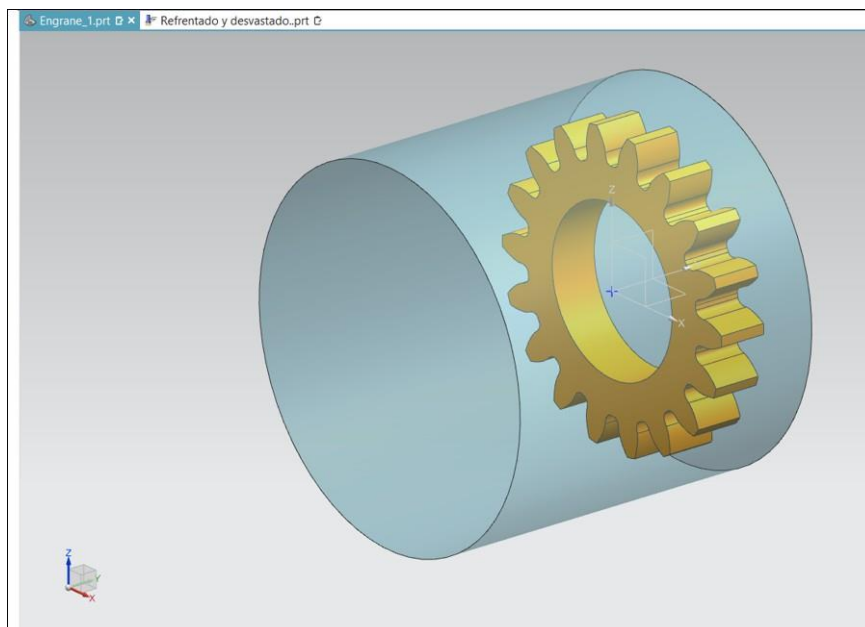
https://www.youtube.com/watch?v=SQliSKJPxZ8&t=400s&ab_channel=NXCAD%2FCAM%2CPostBuilderTutorial

https://www.youtube.com/watch?v=SQliSKJPxZ8&t=400s&ab_channel=NXCAD%2FCAM%2CPostBuilderTutorial

En el caso del maquinado tradicional, el refrentado se utiliza para quitar imperfecciones resultantes en la cara frontal de la pieza al momento de realizar el corte con cegueta y es una operación que se realiza primero como parte de la preparación para el maquinado del material. Para el maquinado en CNC no es necesario realizar la operación.

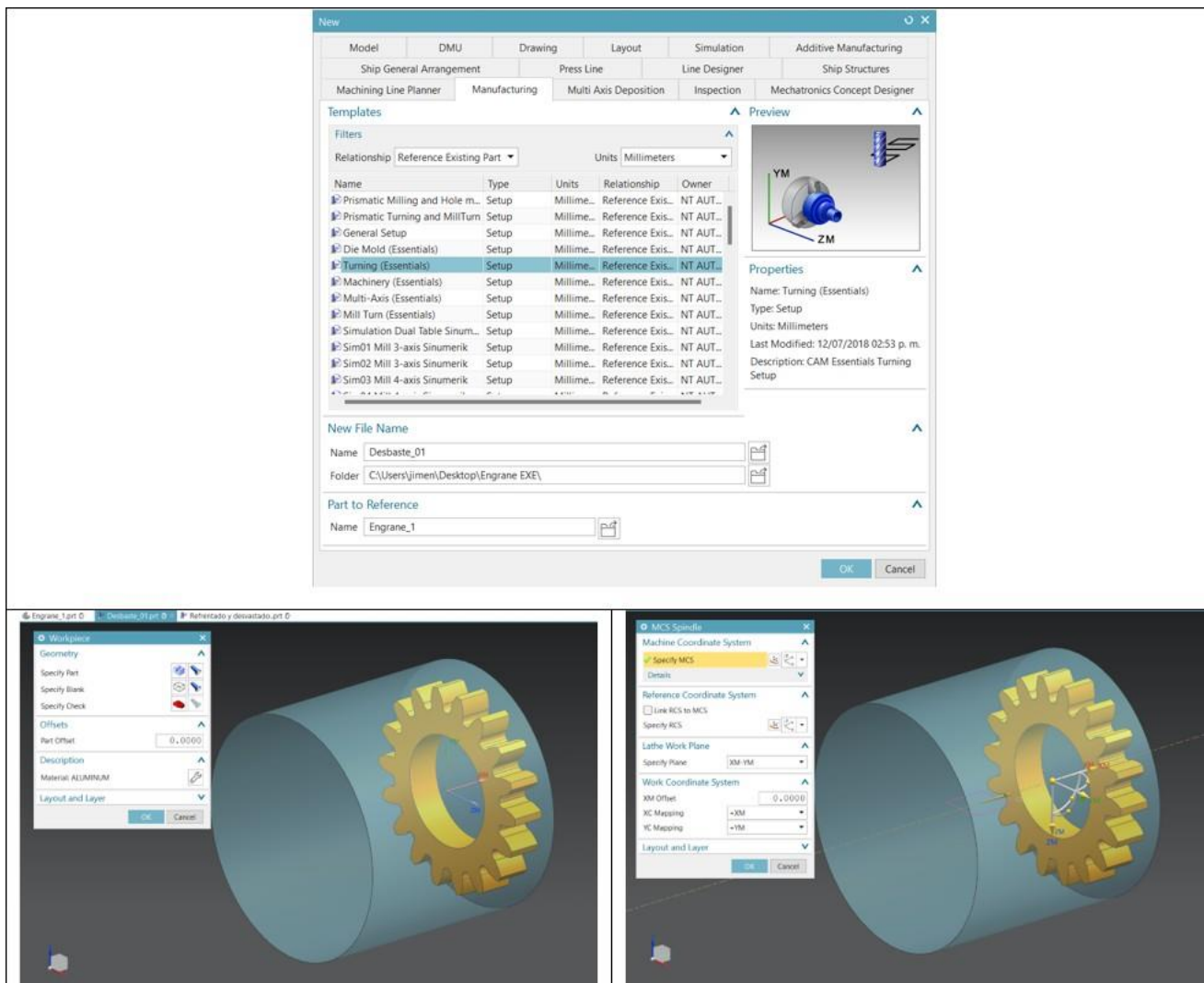
El desbaste en torno, consiste en cortar la máxima cantidad de material para dejar definida la mayor o menor aproximación la forma de una pieza. Para realizar la simulación en el software primero se agrega un bloque o cilindro sobre la pieza a maquinar y se edita su transparencia. Las medidas del cilindro serán las mismas del Aluminio 6061 utilizado en el maquinado tradicional del engrane, las cuales son 38.1 mm de diámetro equivalentes a 1 ½ pulgadas y se establece una longitud de 34 mm de manera arbitraria.

Figura 1: Preparación para maquinado.



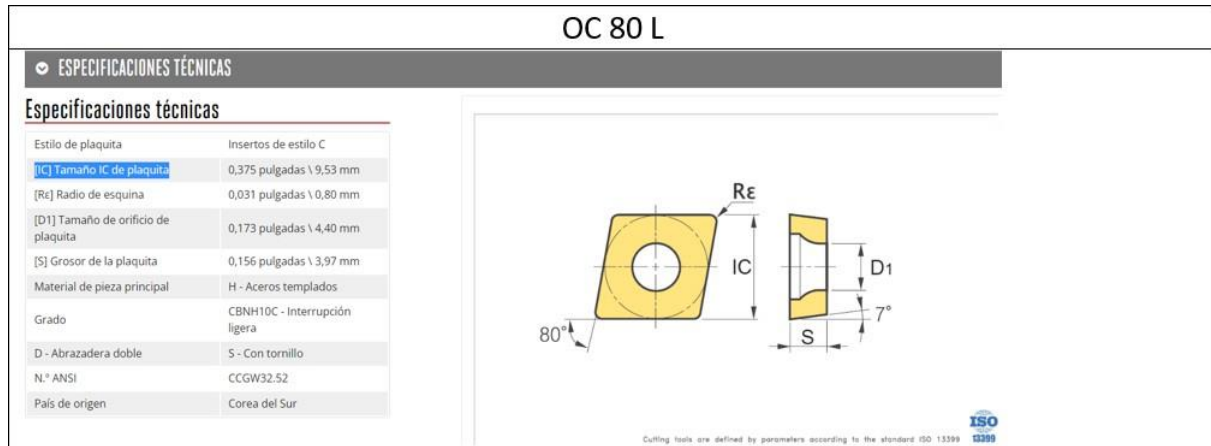
Para realizar el desbaste se genera un nuevo archivo para manufactura seleccionando la opcTurning (Torneado). En la opción “Geometry view” se debe definir la geometría y la “parte blan la cual simula al material antes del proceso. Se establece el material como Aluminio con cód7071 de la biblioteca NX debido a que no permite generar un nuevo material. De igual manera, establecen las coordenadas para el maquinado, esto es importante ya que de no configurarsemanera adecuada el maquinado no seguirá las instrucciones.

Figura 2:



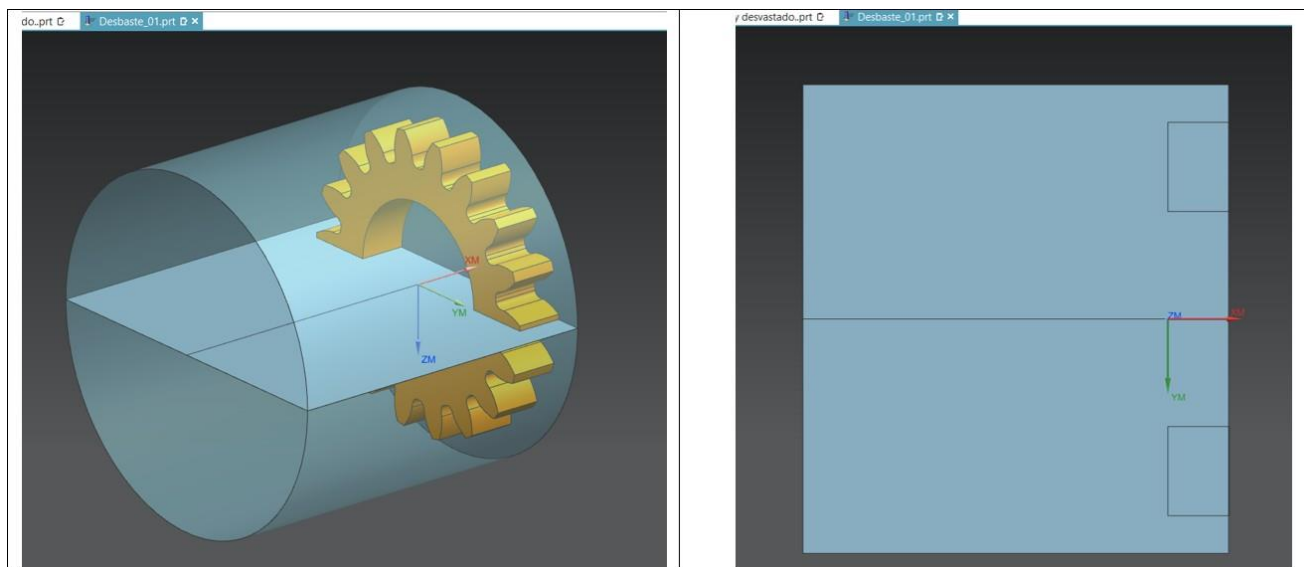
En “Machine Tool View” se encuentran preconfigurados los insertos de torneado OC 80 L y OC 5 por lo que únicamente se configuran en base a las siguientes características:

Figura 3:



Se activa Thurning workpice y se oculta la pieza, esto genera una plantilla de la pieza para trabalas configuraciones de la operación.

Figura 4:



En la herramienta crear operación, se configura como tipo torneado y se selecciona la herramie OD 80 L configurada previamente. Se definen las regiones, primero se establece el punto limitposteriormente, se establece una profundidad de corte constante de 1 mm.

Figura 5:

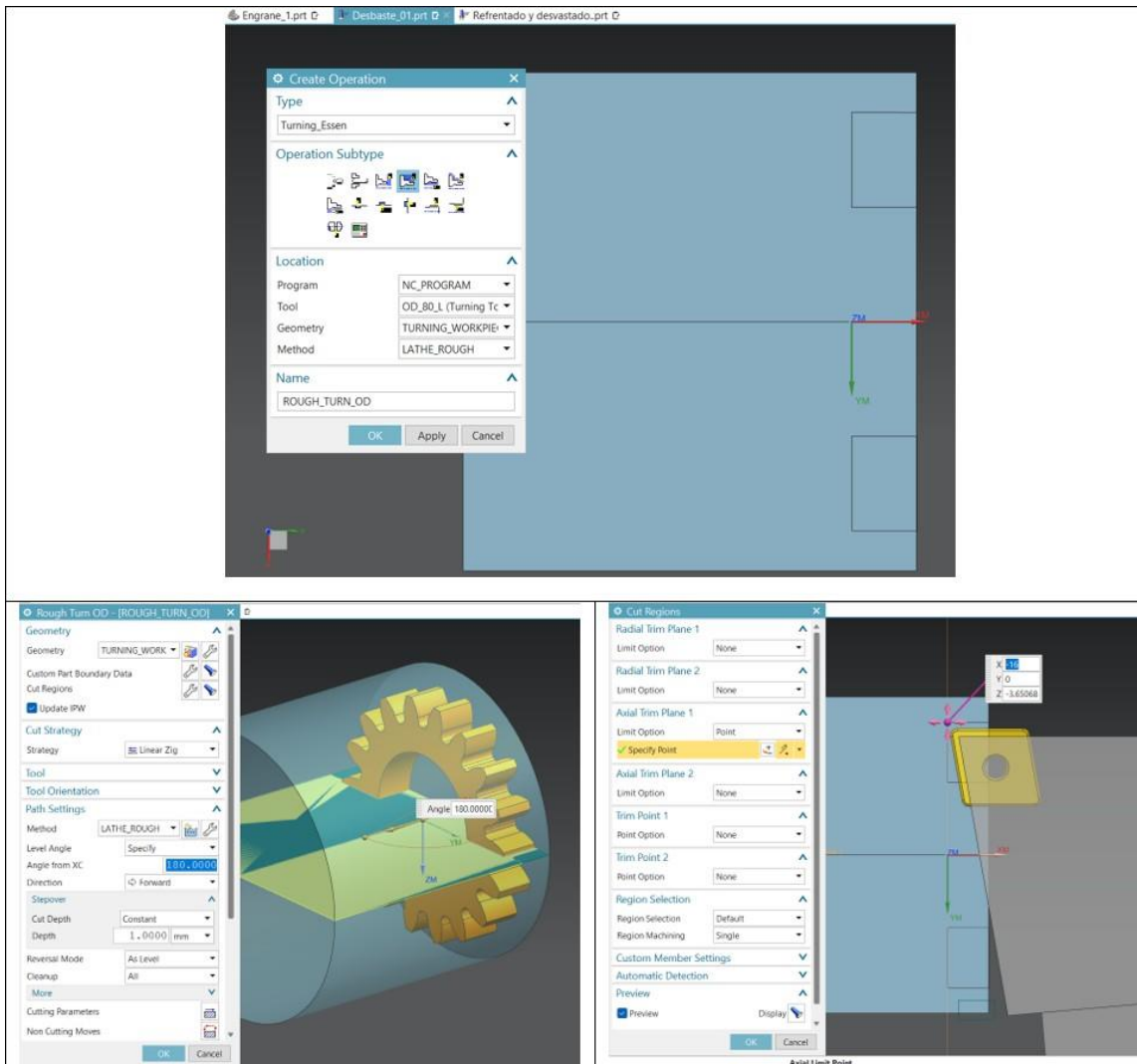


Figura 6: Configuración de posición de inicio.

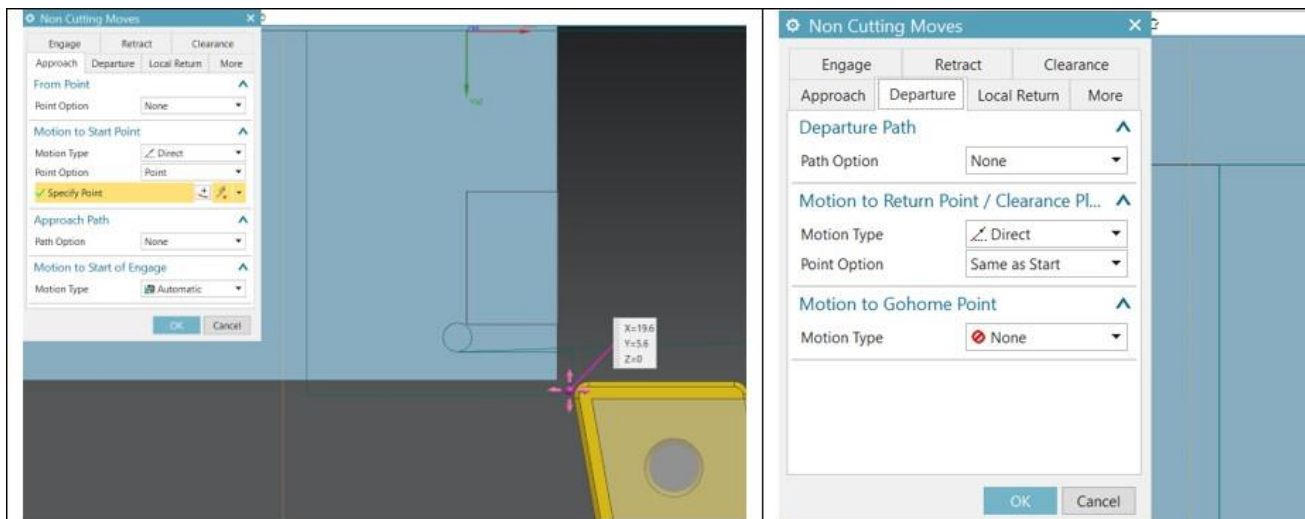
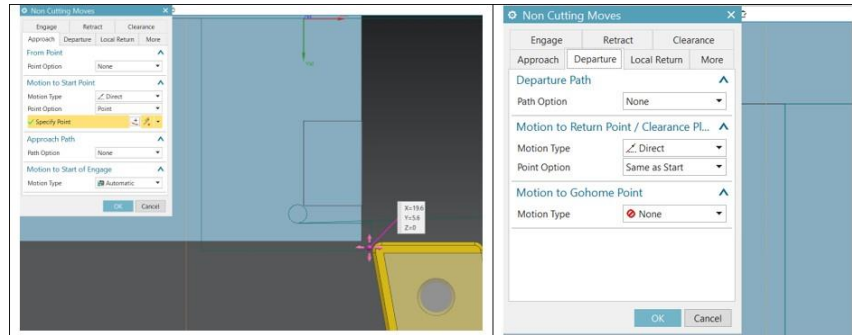
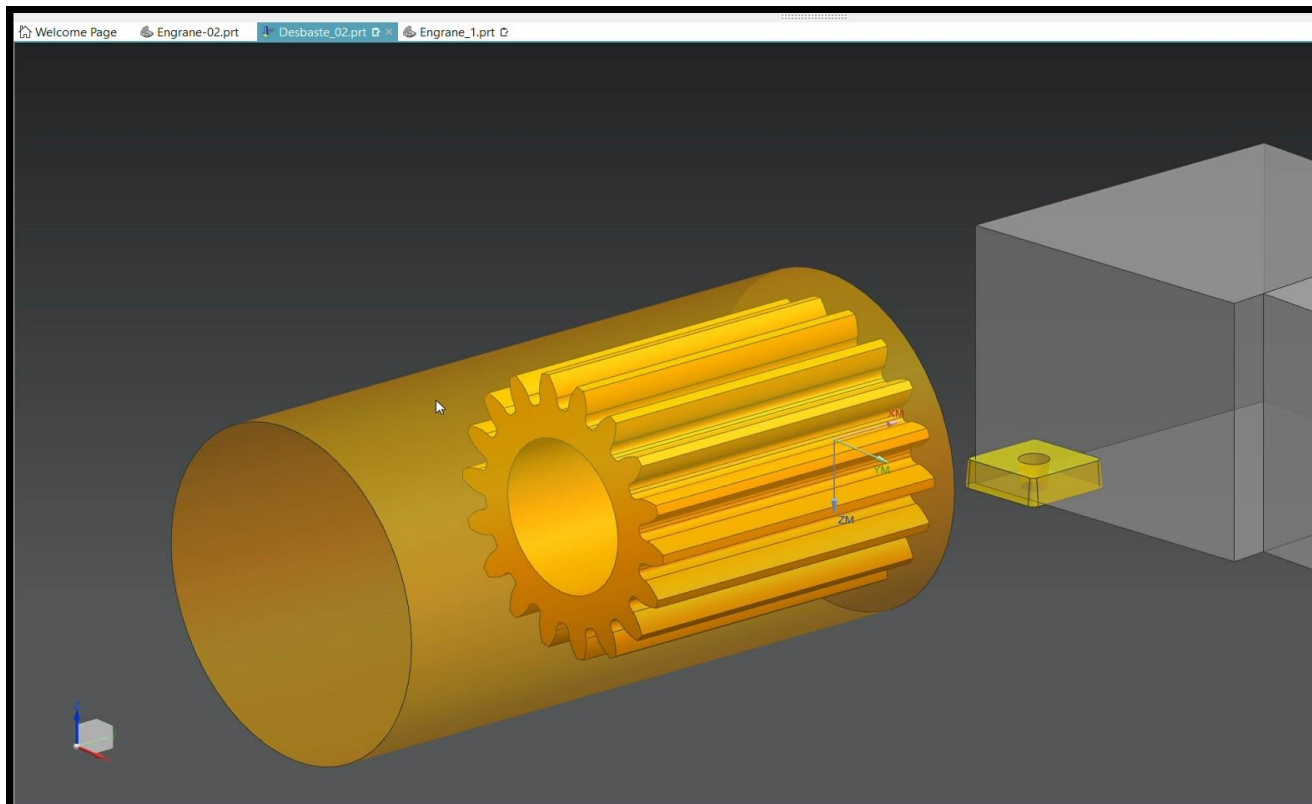


Figura 7: Configuración de maquinado y generar código.



Video 1: Verificación.



Equipo Fresa

Videos apoyo:

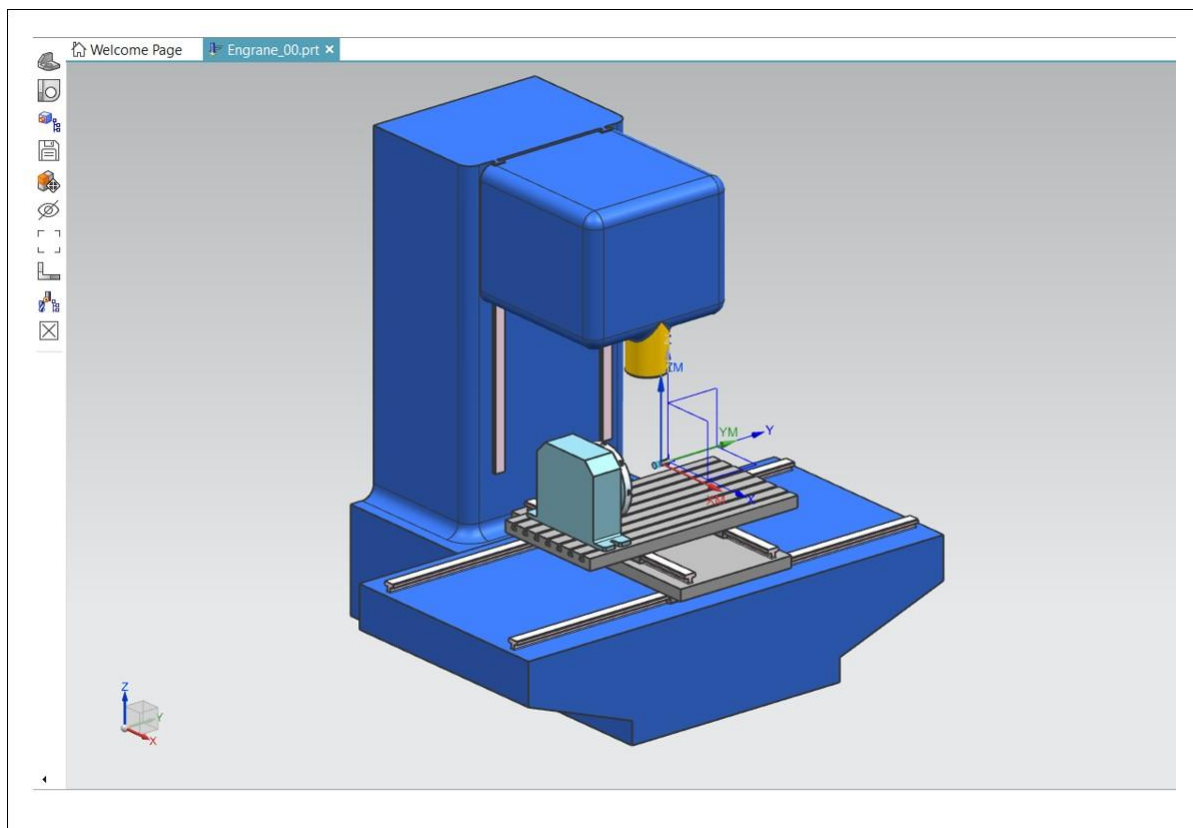
https://www.youtube.com/watch?v=fcgfyunYDDs&ab_channel=ExtremePerformance

<https://www.youtube.com/watch?v=fcgfyunYDDs&ab_channel=ExtremePerformance>

https://www.youtube.com/watch?v=YtyqA6cbky4&ab_channel=CADCAMMEERUT

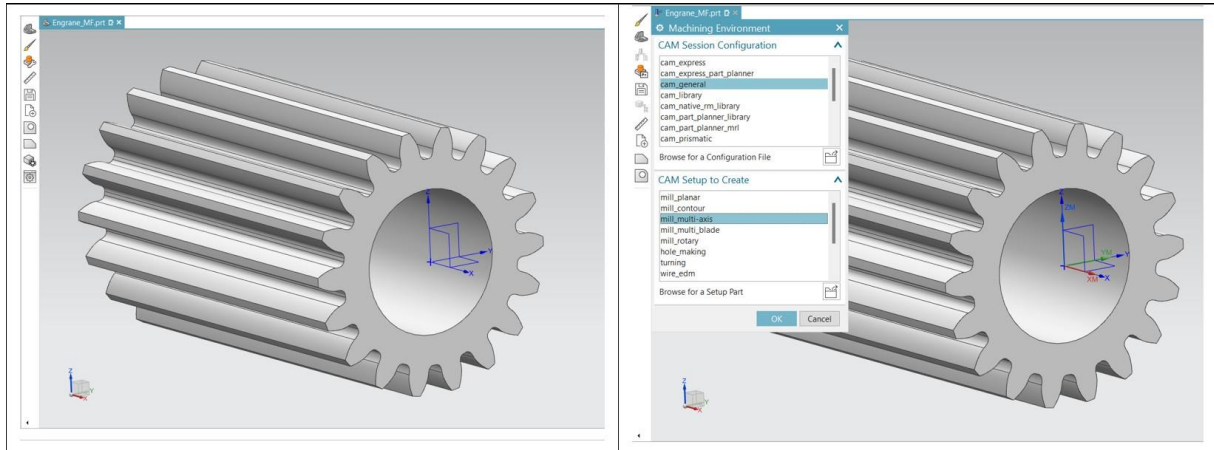
<https://www.youtube.com/watch?v=YtyqA6cbky4&ab_channel=CADCAMMEERUT>

Figura 1: Fresadora de 4 ejes Fanuc Vertical de la biblioteca de NX.



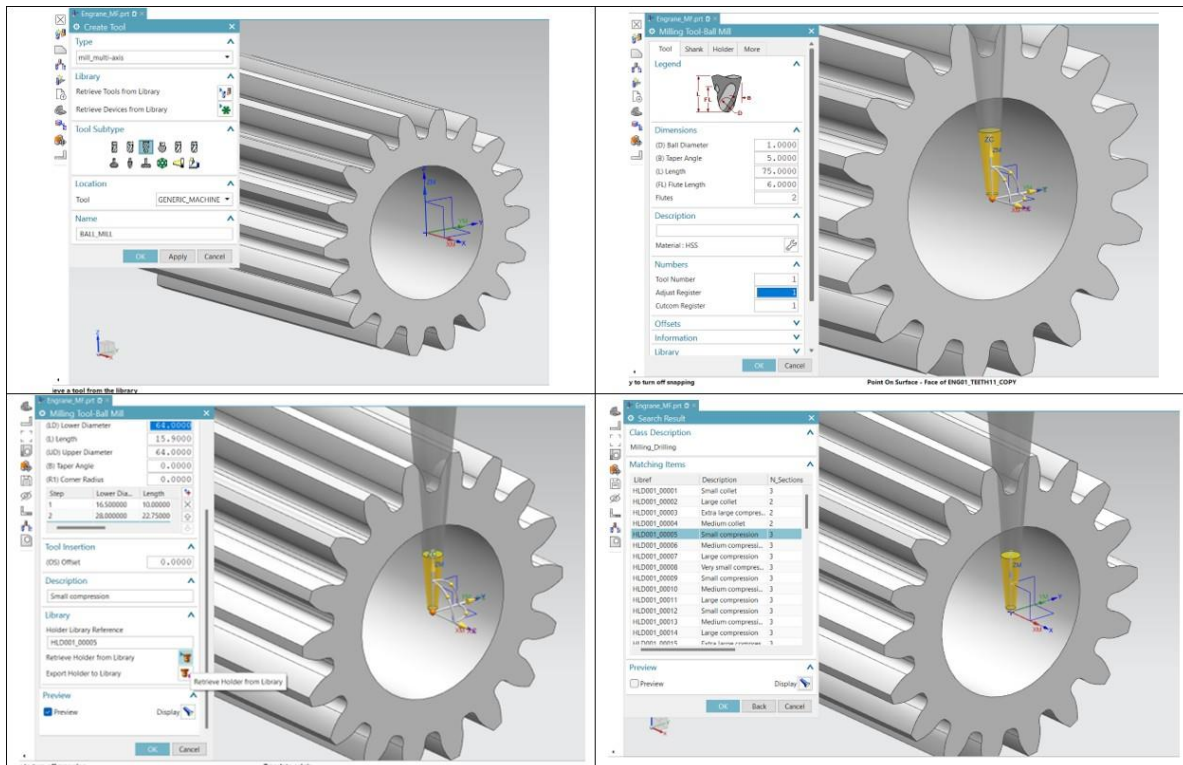
Para realizar el proceso de maquinado en CAM, una vez lista la pieza CAD se traslada a Manufacturing estableciendo el tipo de maquinado y se comienza creando la operación, especificando los parámetros y superficies de corte.

Figura 2:



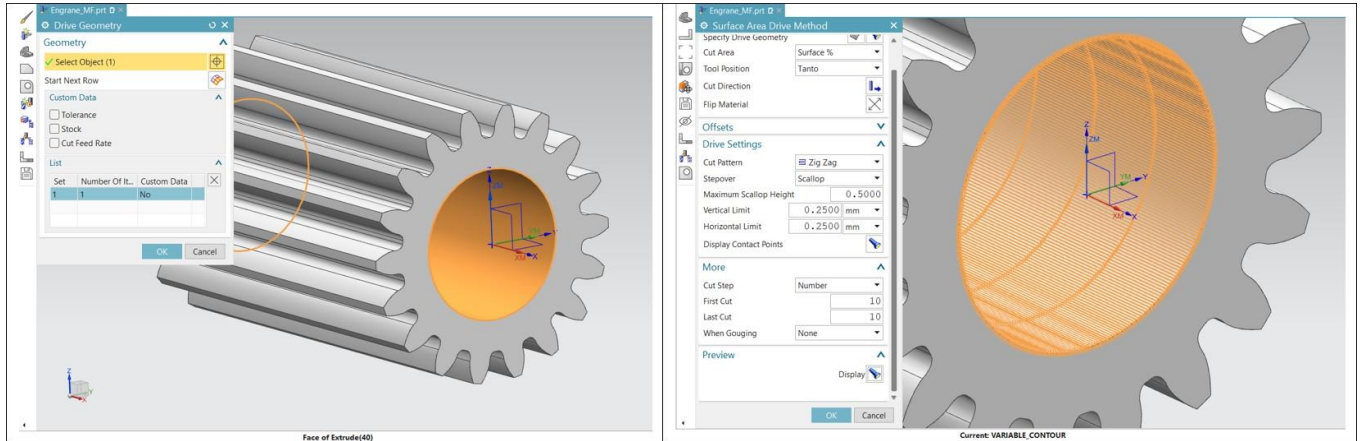
Se crea la herramienta de corte. Debido a la geometría del engrane, se selecciona el cortador de tipo punta redonda. Cuando se configura la herramienta, se debe establecer el portaherramientas que después será adaptado a la fresadora y este se extrae de la librería de NX.

Figura 3:



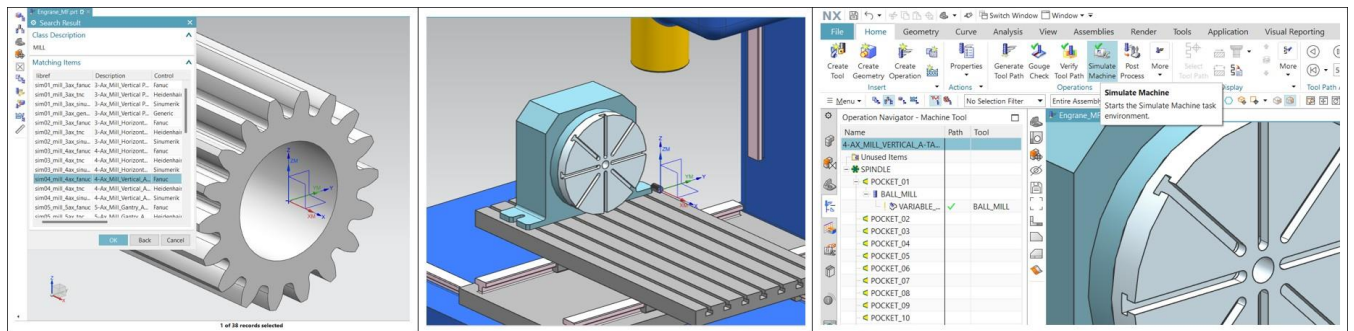
Al crear la operación, se define la geometría y la geometría blanca o de desgaste. La herramienta BALL-MILL que es configurada previamente se establece como la herramienta de la operación. Surface Area Drive Method (Método de unidad de área de superficie) hace referencia a el método de manejo de área de superficie para el fresado, en este caso para 4 ejes. En drive geometry, se establece la superficie donde se crea el patrón de corte (Figura 4).

Figura 4:



El vector de proyección es la dirección en la que se proyecta la ruta de acceso a la geometría, estese configura a través del eje -x al igual que la dirección de la herramienta. Finalizando la configuración de la operación creando el código para verificar que esta sea correcta para realizarla simulación. En el apartado de Machine Tool, se selecciona la fresadora Fanuc de 4 ejes de la librería de NX, la pieza se posiciona en el centro del cabezal divisor y se simula.

Figura 5:

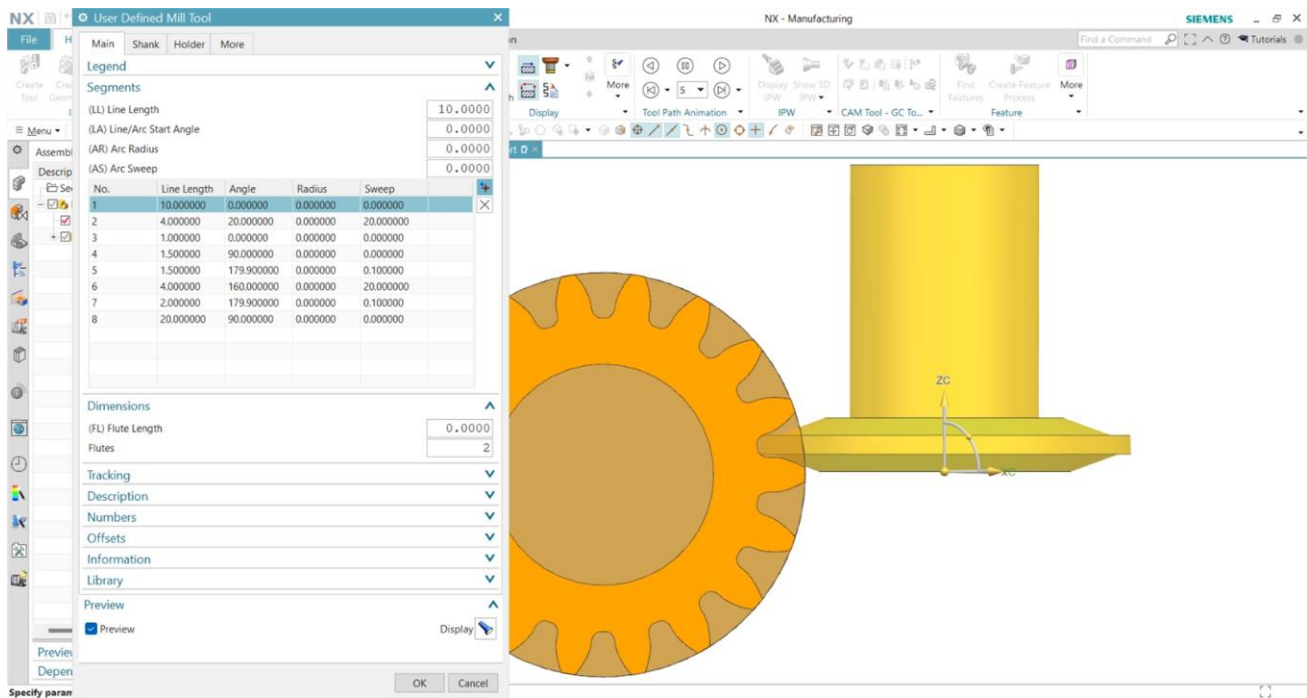


Verificar la simulación completa en el apartado *Simulación*.

Herramienta Cortador

El cortador puede ser programado bajo la configuración mostrada en la figura 1, sin embargo, debido a las limitaciones de la versión del software al utilizar una herramienta definida por el usuario, la simulación se realiza con la herramienta de la librería de NX de tipo punta redonda (Ball Mill).

Figura 1: Herramienta cortador para engrane de 20°.

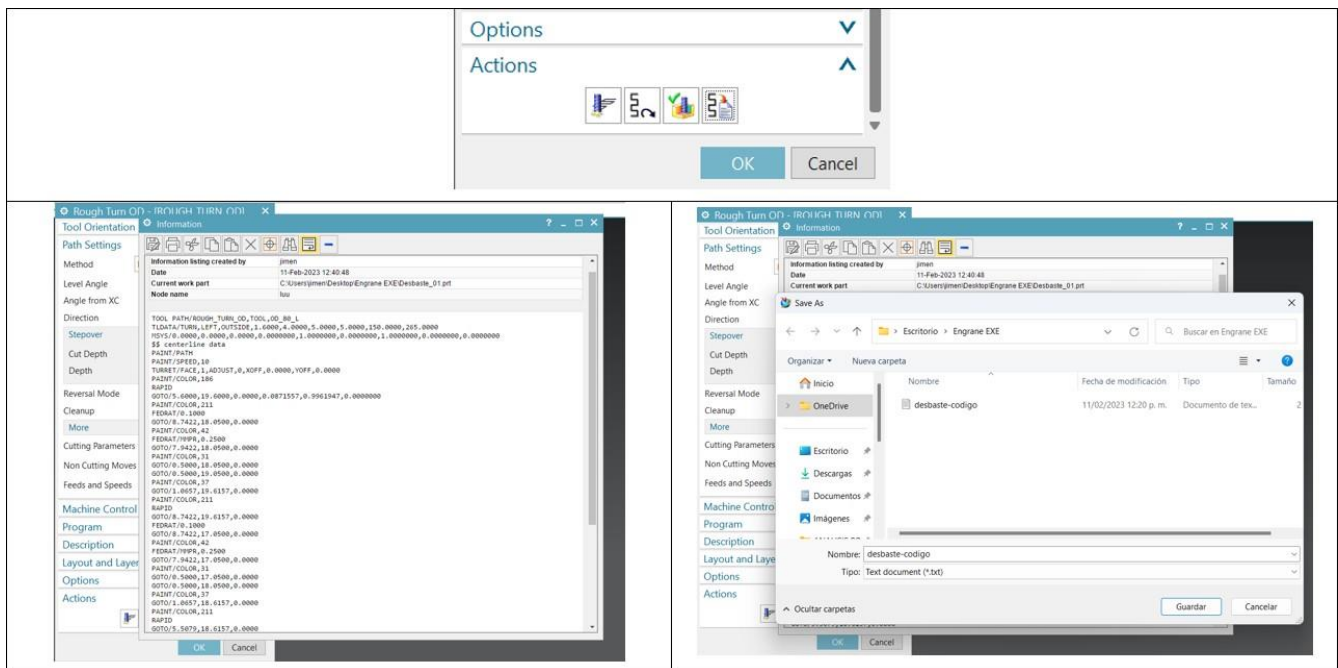


Código G y M

Agregar descripción de qué son los códigos G y M

Para obtener los códigos de la operación se selecciona la opción List, cuando se abre la ventana del código se tiene la opción de guardar como texto.

Figura 1: Generar y guardar código Gy M.



Verificar códigos en:

https://drive.google.com/drive/folders/1h5s2SSdFvMLtwaa_Oz2T0DNsSkYs0-Fw?usp=sharing

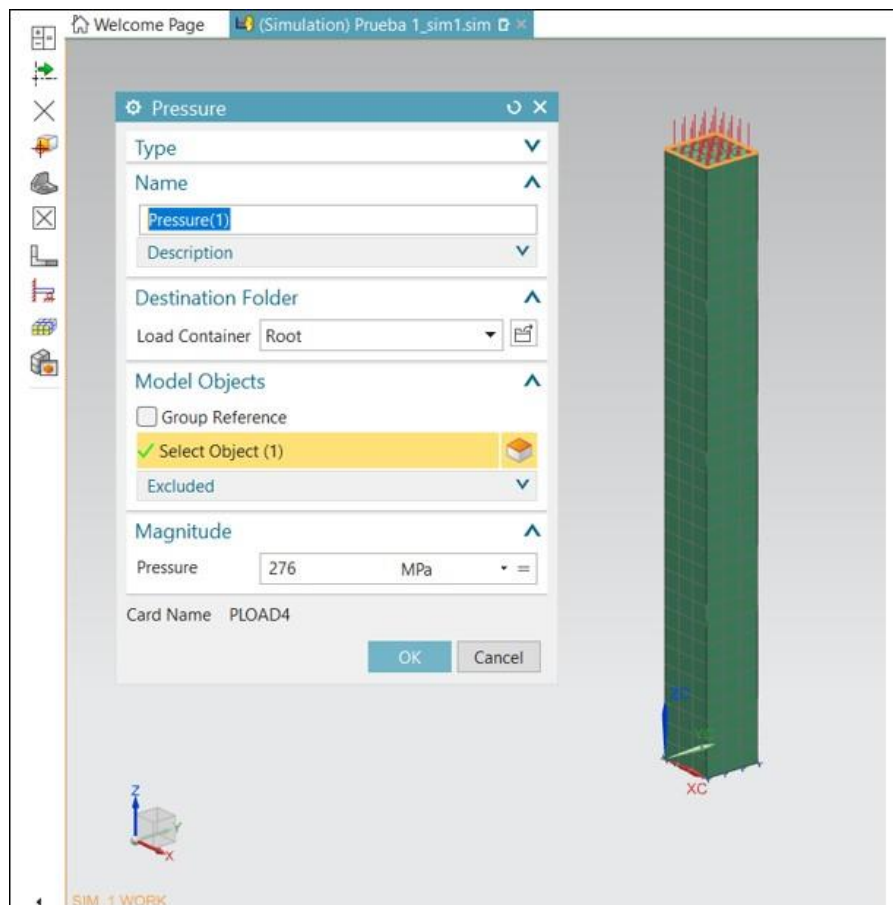
<https://drive.google.com/drive/folders/1h5s2SSdFvMLtwaa_Oz2T0DNsSkYs0-Fw?usp=sharing>

CAE Engrane recto

A partir de las propiedades mecánicas del Aluminio 6061 se determina la carga a aplicar para validar la resistencia del diente del engrane. De acuerdo con la fórmula 1, el Estrés es igual al Módulo de Elasticidad multiplicado por la Deformación.

$$\sigma = E\epsilon$$

Para validar la fuerza a aplicar en el diente del engrane se realizó un análisis estático lineal a través de una barra de Aluminio 6061. Se realiza el mallado, se especifica restricción de movimiento en la superficie inferior y se aplica el valor del límite elástico de 276 MPa en la cara superior del engrane como Presión con la finalidad de obtener el valor de deformación en Z:



De acuerdo con los resultados obtenidos de la simulación, el desplazamiento tiene un valor de 1.194 mm en -Z. La deformación es igual a el desplazamiento sobre la longitud del elemento opieza, sustituyendo en la ecuación se obtiene que:

$$\epsilon = \frac{\Delta}{L}$$

$$\epsilon = \frac{1.194}{300}$$

$$\epsilon = 0.00398$$

Retomando la ecuación 1, se realiza el despeje correspondiente para validar el valor del módulo de elasticidad, por lo tanto:

$$\sigma = E\epsilon$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Sustituyendo se obtiene que el módulo de elasticidad es:

$$E = \frac{330.72}{0.00398}$$

$$E = 83095.47$$

Figura 1: Resultados obtenidos.

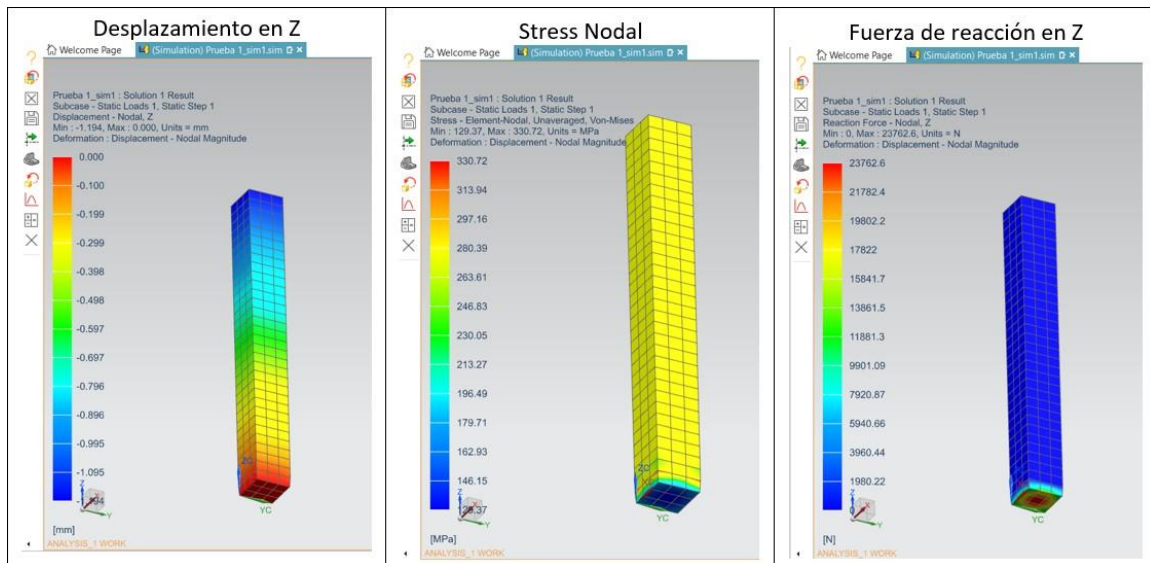


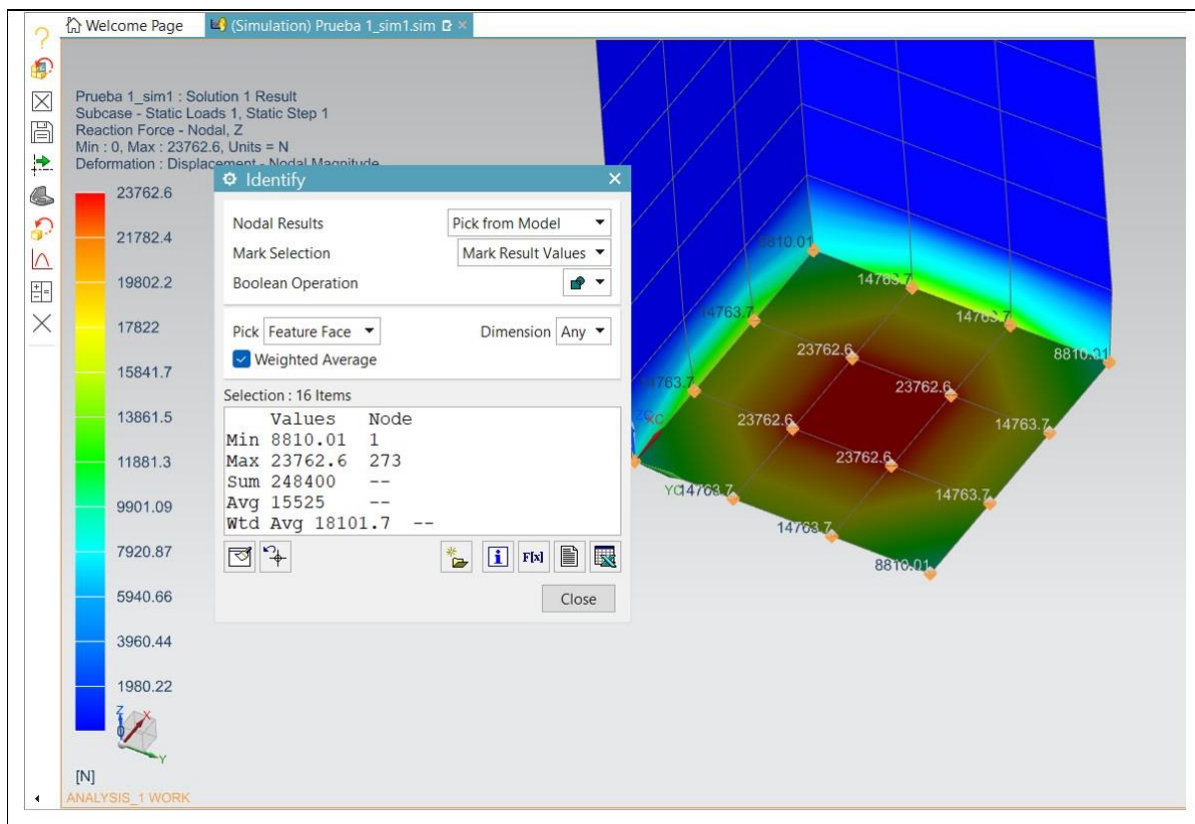
Tabla 1: Resumen de resultados.

Desplazamiento		Stress Nodal		Fuerza de reacción en Z	
Max	Min	Max	Min	Max	Min
0	-1.194	330.72	129.37	23762.6	0

Reporte de la simulación

Se realiza la simulación aplicando el valor de la suma de fuerzas resultantes de reacción que segeneran en la restricción.

Figura 1: Suma de Fuerzas.



Explicar los resultados obtenidos.

Hacer una simulación con el máximo y otra con el mínimo para verificar comportamiento.

De las cargas máximas, mínimas y su suma, se realiza la simulación para evaluar el comportamiento del engrane. En la figura 1 se presentan los resultados obtenidos aplicando la carga máxima.

Figura 1: Fuerza máxima aplicada de 23,762.6 N equivalente a 2,422.28 Kg.

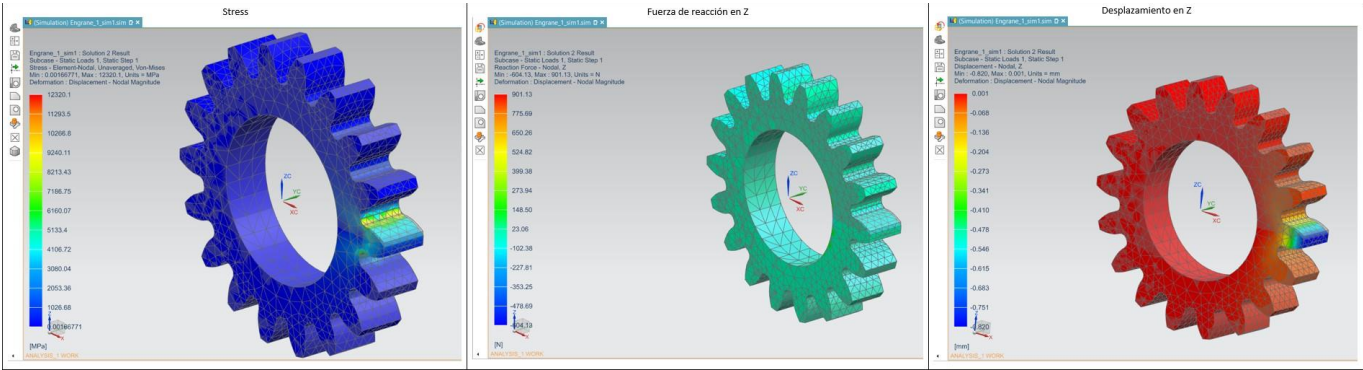


Tabla 1: Resumen de resultados.

Desplazamiento		Stress Nodal		Fuerza de reacción en Z	
mm		MPa		N	
Max	Min	Max	Min	Max	Min
0.001	-0.820	12320.1	0.00166771	901.13	-604.13

Figura 2: Fuerza mínima aplicada de 8,810.01 N equivalente a 898.064 Kg.

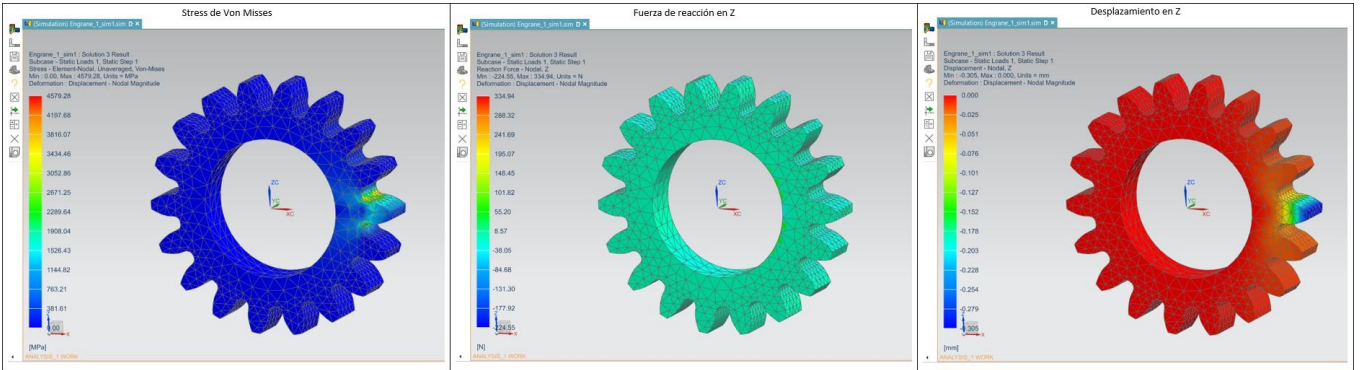


Tabla 2: Resumen de resultados.

Desplazamiento		Stress Nodal		Fuerza de reacción en Z	
mm		MPa		N	
Max	Min	Max	Min	Max	Min
0	-0.305	4579.28	0	553.19	0

Figura 3: Suma de 248400 N equivalente a 25,321.100 Kg.

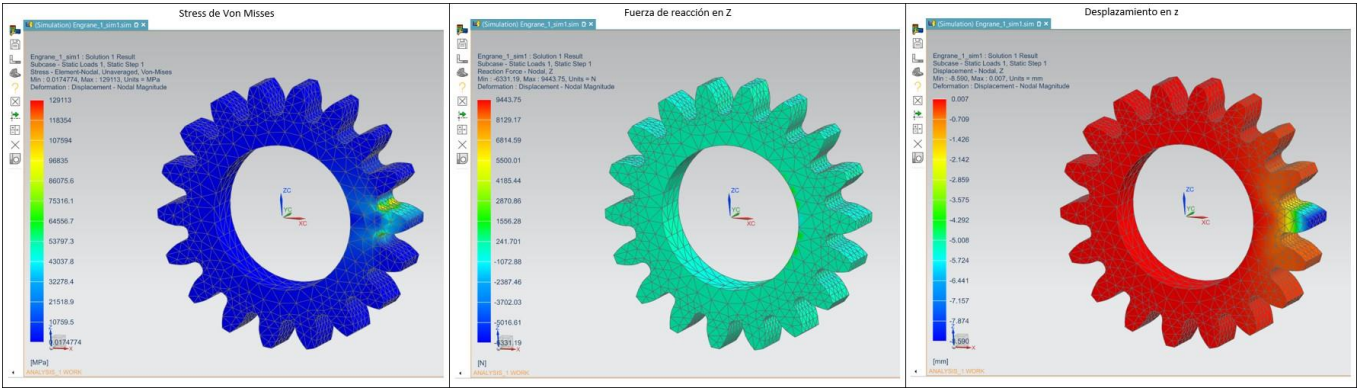


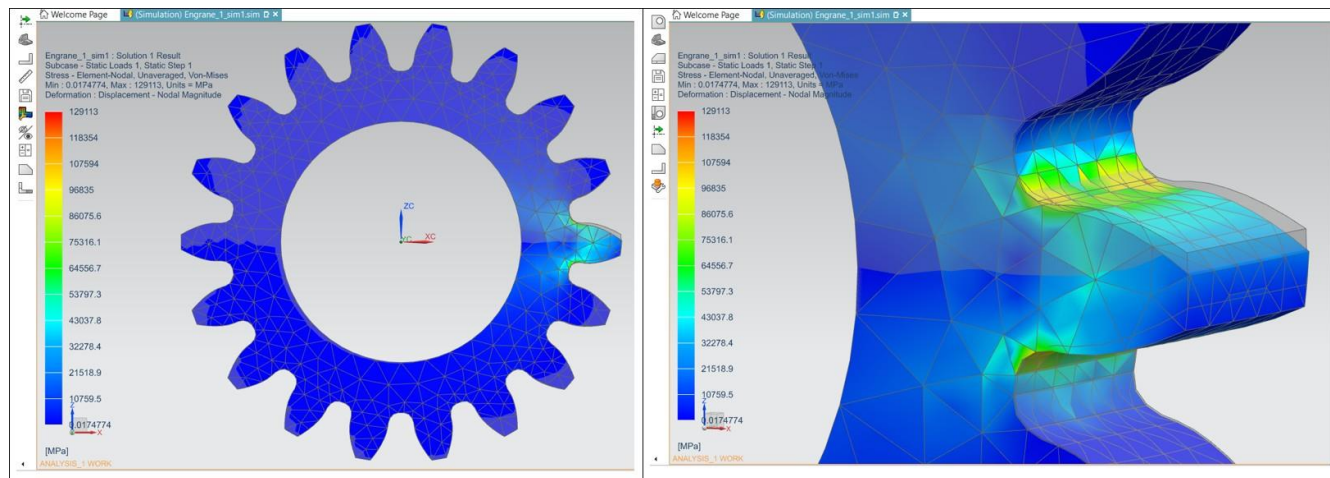
Tabla 3: Resumen de resultados.

Desplazamiento		Stress Nodal		Fuerza de reacción en Z	
mm		MPa		N	
Max	Min	Max	Min	Max	Min
0.007	-8.590	129113	0.0174774	9443.75	-6387.19

Esfuerzos

El esfuerzo es la relación entre la fuerza aplicada y el área de la sección transversal donde está actuando la fuerza aplicada. Para el engrane, esta fuerza se aplica en la cara interior del diente.

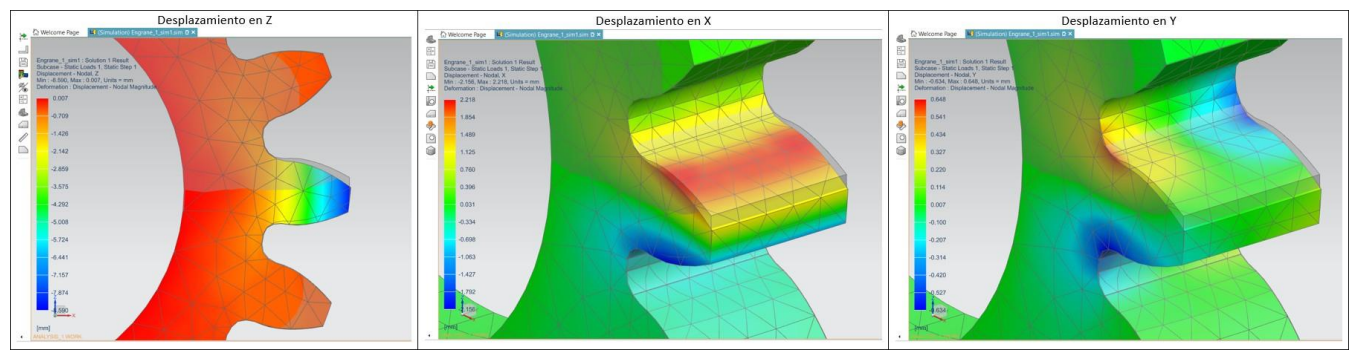
Figura 1: Stress de Von Mises.



Deformaciones

El esfuerzo es una función de las fuerzas internas en un cuerpo que se producen por la aplicación de las cargas exteriores. La deformación se define como la elongación del material al que le han aplicado fuerza, esta deformación puede ser plástica o elástica, esto quiere decir, que si el material puede regresar a su forma original una vez deformado (elástico) o si una vez deformado este no puede volver a su forma original (plástica) (NACHTCRAWLER, 2020).

Figura 1:



Conclusiones

Figura 1. Comparativa simple de los procesos de manufactura convencional versus manufactura asistida por computadora. Desarrollo propio.

Comparativa de las operaciones de los diagramas de flujo de proceso					
Definición de las operaciones		Experiencia			Conocimiento disruptivo
Clase de operación	Tipo de operación	Manufactura convencional	Manufactura Asistida por Computadora	Condición de mejora de la Calidad	
Calcular las dimensiones del engrane y realizar la selección del cortador	Analítico	La información para la formulación analítica, constantes, factores y recomendación de cortadores comerciales, se encuentran en manuales técnicos clásicos o proporcionados por los fabricantes	La información para la formulación analítica, constantes, factores y recomendación de cortadores comerciales, se encuentran en tutoriales y manuales proporcionados por el desarrollador del software	Se requiere de una homologación de criterios en el procedimiento de cálculos analíticos y recomendación de cortadores comerciales, para determinar las variables requeridas de maquinado y tallado de engranes	La transición de la presencialidad a la virtualidad digital de los procesos de manufactura, aún cuando existe la tecnología CAD/CAM/CAE. Deben de
Corte del material	Seccionar el Macizo redondo de aluminio 6061	El corte del material se lleva a cabo de manera manual y convencional mediante arco con següeta	El corte del material se omite al dibujar por CAD la geometría precisa y requerida para la simulación de maquinado	La precisión del corte se incrementa y el desperdicio de material disminuye, al conceptualizar y utilizar una següeta mecánica que mejora las actividades de corte	
Trasladar material al torno	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	
Operaciones de maquinado en el torno: refrentado y desbaste	Desbaste	El uso operativo del torno requiere capacitación previa para su manejo sin riesgo de accidentes graves y dominio del afilado de buriles	La operación de torneado virtual no requiere del apoyo visual de la máquina-herramienta (excluyendo el riesgo), siendo imprescindible la configuración (afilado) del buril como herramienta	El procedimiento de afilado de buriles debe ser parte del contenido temático de los programas de asignatura: manufactura asistida por computadora y/o procesos de manufactura	
	Refrentado				
	Barreno guía				
	Fijar y centrar				
Trasladar material al torno	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	
Montaje de pieza en fresa	Sujetar pieza	La holgura, desajuste y desgaste natural ocasionados por la carga y horas de trabajo influyen como fallas o defectos mecánicos. Asimismo, la falta de herramientas adecuadas de apriete son factores que afectan la adaptación del posicionamiento	No se requiere la simulación virtual de los elementos de sujeción, centrado y montaje de la máquina herramienta. La posición de la pieza y sus desplazamientos dependen de la ubicación geométrica por coordenadas en el espacio	Se aprecia la posible presencia de defectos ocasionados por el mal estado del equipamiento. Imperfectos que afectan la calidad esperada del producto en cuanto a forma y tolerancias	ser desarrollos integradores y multidisciplinarios, guiados por un operario experto en el proceso de fabricación de los productos. Considerando a los elementos de máquinas, como las evidencias de aprendizaje positivistas que los estudiantes deben realizar como resultado de las secuencias didácticas que se implementan para la enseñanza presencial o virtual-digital de la ingeniería en procesos de
	Fijar y centrar				
	Montar cortador				
Ajuste a cero de la pieza y la herramienta	Posición a cero relativo a los ejes: X, Y y Z	La precisión de la posición de referencia a cero, depende de la destreza manual del operario	La precisión de la posición de referencia a cero, se logra mediante un cuadro de diálogo que solicita seleccionar un punto de referencia en el espacio y colocar en cero las dimensiones de los ejes: X, Y y Z	La inadecuada posición y ajuste del concepto cero pieza, implica defectos de calidad asociados a las dimensiones geométricas. Siendo requerido el dominio de esta apreciación, para evitar los errores por desplazamiento gométrico	
Tallado del engrane	Desplazamiento inicio y final del tallado	La exactitud y precisión del maquinado/tallado de acuerdo a procedimiento e instrucciones tiene variaciones en función de la agudeza visual y habilidad manual del operario	La exactitud y precisión del maquinado/tallado de acuerdo a procedimiento e instrucciones, no tiene variabilidad por la reproducción digital del recorrido programado	Contar con la capacidad para cuantificar la variabilidad del proceso en la fabricación en serie, incrementa la pericia para replicar con alta exactitud el producto terminado	
	Rotación para la siguiente ranura				
	Corte de material				
Trasladar material al torno	No Aplica	No Aplica	No Aplica	No Aplica	
Barrenado del diámetro interior y corte del espesor (face) del engrane	Barreno guía	Se comprende el uso de la versatilidad de la máquina herramienta torno, para operaciones de barrenado y corte de material, adicional a las operaciones de desbaste y refrentado. Se requiere el manejo en alto grado de la conversión de unidades del sistema metrico al sistema inglés	Las operaciones de barrenado y corte se omiten en el proceso digital-virtual, debido a que la simulación de la simulación de las operaciones se limita a la representación parcelada y por segmentos de las piezas que se fabrican. Reduciendo la comprensión de los procesos de manufactura por maquinado	El conocimiento de los procesos complementarios de fabricación, propicia el reconocimiento de alternativas para operaciones en paralelo o secuenciales, que disminuyen los tiempos de fabricación	
	Barreno final				
	Centrar pieza				
	Cortar engrane				
Verificación de la calidad del tallado del engrane	Limpieza	La operación de verificación por inspección, comparación y limpieza, se comprende como una actividad integrada y secuencial, donde las imperfecciones son causa de una inadecuada liberación del producto. Aspecto que representa una condición de baja calidad por operaciones complemetarias y no por el proceso	La operación de verificación omite las actividades de inspección, comparación y limpieza. Situación que limita la comprensión de calidad total del proceso. Generando un producto digital-virtual inacabado al transitar a la realidad material	El cumplimiento de las características y similitud de un producto terminado con un producto patrón o modelo, fortalece el concepto de calidad aplicada, por medio de actividades de verificación de forma, dimensiones y acabado	
	Pulido				
	Verificar por comparación				

Encuesta de Satisfacción

Contestar encuesta:

<https://forms.gle/CKtPGvjSfJKAFUKL9> <<https://forms.gle/CKtPGvjSfJKAFUKL9>>

Bibliografía

Aeromaquinados. (s.f.). ¿Qué es una fresadora? Obtenido de ¿Qué es una fresadora?: <https://www.aeromaquinados.com/que-es-una-fresadora/>

Arturo. (s.f.). Engranés en general. Obtenido de Engranés en general: https://www.academia.utp.ac.pa/sites/default/files/docente/72/clase_5_engranes_en_general_0.pdf

Benjamín, E., & Fincowsky, F. (2009). Organización de Empresas. Mc Graw Hill.

CLR. (2023). ¿Qué es un engranaje cónico y cómo funciona? Obtenido de ¿Qué es un engranaje cónico y cómo funciona?: https://www.google.com/search?q=diente+de+un+engranajepartes&tbm=isch&ved=2ahUKEwjtsLm2_Z39AhVj5skDHaKKCQwQ2-cCegQIABAA&oq=diente+de+un+engranajepartes&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJzoGCAAQBxAeUPMZWJsgYJgiaABwAHgAgAF7iAHxBZIBAzAuN5gBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB

Espinosa, L., & González, R. (2019). Relación entre las tolerancias dimensionales y geométricas en los procesos de fabricación. Centro Azúcar, 46(3), 90-98. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v46n3/2223-4861-caz-46-03-90.pdf>

Formlabs. (19 de 01 de 2023). Nociones básicas de dimensionamiento geométrico y tolerancias (GD&T). Obtenido de <https://formlabs.com/es/blog/dimensionamiento-geometrico-tolerancias-gdt/>

Gere, J. M., & Goodno, B. J. (2009). Mecánica de materiales . Cengage Learning Editores.

Grupo Tecnología Mecánica. (17 de 01 de 2023). Procesos de Fabricación. Obtenido de Ajustes y Tolerancias: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/11.pdf>

Haas Automation Inc. (Junio de 2015). Manual del operador de la Fresadora. Obtenido de Manual del operador de la

Fresadora: <https://www.haascnc.com/content/dam/haascnc/additional-languages/es/service/manual/operator/spanish---mill-operator's-manual---2015.pdf>

Haas F1 Team. (2023). VF-3. Obtenido de VF-3: <https://www.haascnc.com/es/machines/vertical-mills/vf-series/models/medium/vf-3.html>

Heller. (2023). Guía para comprar un Torno Industrial. Obtenido de Guía para comprar un Torno Industrial: <https://www.hellermquinaria.com/guia-para-comprar-un-torno-industrial/>

IFUNAM. (2023). Propiedades Mecánicas y Magnéticas de Materiales. Obtenido de Propiedades Mecánicas y Magnéticas de Materiales: https://www.fisica.unam.mx/investigacion/areas/propiedades_mecanicas_magneticas_materiales/?lang=es#:~:text=Las%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20de%20los,que%20se%20ejercen%20sobre%20ellos.

León, R. F. (2012). Análisis y modelación de domos de aluminio para la construcción de. Obtenido de Análisis y modelación de domos de aluminio para la construcción de: https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/000/448/448832.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=aa5vj7sqx6H8Hq4u%2F20230205%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20230205T041524Z&X-Amz-SignedHeaders=ho

NACHTCRAWLER. (13 de 12 de 2020). Esfuerzos y deformaciones. Obtenido de Esfuerzos y deformaciones: <https://guiademecatronica.com/esfuerzos-deformaciones/>

Prozion Metrology & Training. (19 de 01 de 2023). Dimensionado Geométrico y Tolerado (GD&T). Obtenido de <https://www.prozion.com.mx/gd-t/>

PTC. (17 de 01 de 2023). Centro de ayuda de Creo Parametric 9.0.3.0. Obtenido de Introducción a

GD&T: [https://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/r9.0/spanish/index.html#page/model-based definition/intro to gdt.html#wwID0EQU4S](https://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/r9.0/spanish/index.html#page/model-based%20definition/intro%20to%20gdt.html#wwID0EQU4S)

Rodríguez, O. (17 de 01 de 2023). Máquinas, métodos y control dimensional del procesamiento. Obtenido de

Ajustes: <https://mmcdp.webcindario.com/capitulos/11a-ajustes.pdf>

Tecno Maquinaria. (s.f.). La fresadora y herramienta de corte. Obtenido de La fresadora y herramienta de corte: <https://www.tecnomaquinaria.com/la-fresadora-y-herramienta-de-corte/>