



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

Diseño de máquina extrusora semiautomática para moldear ladrillo  
mejorando la calidad del producto en una fábrica ladrillera de Chota,  
Cajamarca

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Madrid Ayosa, Jose Guillermo (orcid.org/0000-0001-7260-2543)  
Mirez Rojas, Frank Danny (orcid.org/0009-0000-1116-652X)

**ASESOR:**

Dr. Davila Hurtado, Fredy (orcid.org/0000-0001-8604-8811)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**CHICLAYO – PERÚ**

**2024**



**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, DAVILA HURTADO FREDY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de máquina extrusora semiautomática para moldear ladrillo mejorando la calidad del producto en una fábrica ladrillera de Chota, Cajamarca", cuyos autores son MADRID AYOSA JOSE GUILLERMO, MIREZ ROJAS FRANK DANNY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 24 de Julio del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
DAVILA HURTADO FREDY <b>DNI:</b> 16670066 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8604-8811	Firmado electrónicamente por: FRDAVILAH el 14-08- 2024 21:44:34

Código documento Trilce: TRI - 0833521



**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, MADRID AYOSA JOSE GUILLERMO, MIREZ ROJAS FRANK DANNY estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño de máquina extrusora semiautomática para moldear ladrillo mejorando la calidad del producto en una fábrica ladrillera de Chota, Cajamarca", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
FRANK DANNY MIREZ ROJAS <b>DNI:</b> 48363281 <b>ORCID:</b> 0009-0000-1161-652X	Firmado electrónicamente por: MROJSAFD el 24-07-2024 19:53:25
JOSE GUILLERMO MADRID AYOSA <b>DNI:</b> 40571762 <b>ORCID:</b> 0000-0001-7260-2543	Firmado electrónicamente por: JMADRIDAY el 24-07-2024 18:54:55

## **Dedicatoria**

### **Dedicatoria: José Guillermo Madrid Ayosa**

A Dios, por darme salud, perseverancia y sabiduría para continuar con mis objetivos, metas trazadas y deseos de superación; por cuidarme en mis labores diarias, por siempre guiarme por el camino del bien.

A mis padres, por darme lo mejor, por inculcarme buenos valores, por corregirme y hacer de mi un hombre correcto; y mi esposa e hijos por ser el motor y motivo de mi vida.

### **Dedicatoria: Frank Danny Mirez Rojas**

Hoy siendo un día especial como estudiante, al culminar y cumplir una de mis metas trazadas en primer lugar agradezco a Dios, mi familia y a las personas que estuvieron presente en mi formación académica, les haré presente lo siguiente:

Esta tesis es un logro que llevo a cabo, y sin lugar a duda ha sido en gran parte gracias a mis padres en especial va dedicado a mi madre, que es una mujer que simplemente me hace llenar de orgullo y amor al tenerte hoy conmigo y haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, estaré eternamente agradecido con uds mis queridos padres.

## **Agradecimiento**

### **Agradecimiento: José Guillermo Madrid Ayosa.**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este proceso, pero, ante todo, doy gracias a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y por brindarme la sabiduría necesaria para llevar a cabo este proyecto. Sin Su bendición, este logro no habría sido posible.

A mi esposa, por su amor incondicional, paciencia infinita y por estar siempre a mi lado en cada paso de este camino. Eres mi inspiración y mi mayor apoyo. A mis tres hijos, gracias por su alegría, comprensión y por recordarme siempre la importancia del esfuerzo y la perseverancia. Este trabajo es también para ustedes.

### **Agradecimiento: Frank Danny Mirez Rojas**

A Dios por guiarme y acompañarme a lo largo de mi vida académica y por ser mi fortaleza estar en los buenos y malos momentos, gracias a todos por su apoyo logré concluir mi carrera universitaria.

Agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría quienes transmitieron sus conocimientos y se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro, ya que gracias a ello logré culminar el desarrollo de mi tesis con éxito. A mi familia por ser un aliento de perseverancia y siempre estar ahí cuando necesito su ayuda.

## Índice de contenidos

Carátula	i
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	ii
Declaratoria de originalidad del autor(es) .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
Resumen .....	x
Abstract .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. METODOLOGÍA .....	13
III. RESULTADOS .....	16
IV. DISCUSIÓN .....	80
V. CONCLUSIONES .....	84
VI. RECOMENDACIONES .....	85
REFERENCIAS .....	86
ANEXOS.....	92

## Índice de tablas

Tabla 1. Datos de producción mensual 2023. ....	18
Tabla 2. Indicadores de calidad de la producción anual. ....	18
Tabla 3. Recomendación para el factor de sobrecarga. ....	28
Tabla 4. Número de dientes en cada piñón y engranaje. ....	29
Tabla 5. Factores para obtener el coeficiente elástico ( $C_p$ ). ....	31
Tabla 6. Recomendaciones para estimar el número de calidad AGMA. ....	32
Tabla 7. Factores de tamaño sugeridos ( $K_S$ ). ....	36
Tabla 8. Factores de confiabilidad ( $K_R$ ). ....	37
Tabla 9. Costo de Equipos y elementos de máquina.....	75
Tabla 10. Costo por concepto de ensamblaje y pruebas.....	76
Tabla 11. Costo de fabricación total. ....	76
Tabla 12. Mano de obra. ....	77
Tabla 13. Análisis de indicadores de rentabilidad.....	78
Tabla 14. Indicadores de rentabilidad .....	79

## Índice de figuras

Figura 1. Componentes y disposición típica de una extrusora de un solo tornillo. ....	9
Figura 2. Procesos realizados de forma artesanal para la producción de ladrillo. ....	16
Figura 3. Curvas para determinar el paso diametral.....	28
Figura 4. Factores dinámicos ( $Kv$ ). ....	33
Figura 5. Factores de geometría (J). ....	34
Figura 6. Factores de geometría para piñones rectos externos (I). ....	34
Figura 7. Factores de proporción ( $Cpf$ ). ....	35
Figura 8. Factores de alineamiento del engranado. ....	35
Figura 9. Factores de espesor de borde ( $KB$ ). ....	36
Figura 10. Factores de resistencia flexionante por ciclos de esfuerzo, $YN$ ....	39
Figura 11. Factores de resistencia a la picadura por ciclos de esfuerzo ( $ZN$ ).....	40
Figura 12. Número de esfuerzo de contacto admisible ( $Sac$ ).....	42
Figura 13. Propiedades del acero AISI 4140. ....	42
Figura 14. Tensiones de Von Mises obtenidas en el eje extrusor. ....	44
Figura 15. Deformaciones generadas en el eje extrusor. ....	45
Figura 16. Factores de seguridad generados en el eje extrusor. ....	46
Figura 17. Fuerzas resultantes en los apoyos del eje extrusor. ....	47
Figura 18. Tensiones de Von Mises producidos en la base para cilindro de eje mezclador. ....	49
Figura 19. Deformaciones producidas en la base para cilindro de eje mezclador. ....	50
Figura 20. Factores de seguridad producidos en la base para cilindro de eje mezclador. ....	51
Figura 21. Tensiones de Von Mises generadas en la tolva de alimentación.....	53

Figura 22. Desplazamientos generados en la tolva de alimentación. ....	54
Figura 23. Factores de seguridad generados en la tolva de alimentación. ....	55
Figura 24. Tensiones de Von Mises producidas en el cilindro mezclador de arcilla y agua.....	57
Figura 25. Deformaciones producidas en el cilindro mezclador de arcilla y agua. ....	58
Figura 26. Factores de seguridad producidos en el cilindro mezclador de arcilla y agua. ....	59
Figura 27. Tensiones de Von Mises producidos en el soporte para cilindro extrusor.	61
Figura 28. Desplazamientos producidos en el soporte para cilindro extrusor. ....	62
Figura 29. Factores de seguridad producidos en el soporte para cilindro extrusor. ...	63
Figura 30. Tensiones de Von Mises producidas en eje para mezclado de arcilla y agua. ....	65
Figura 31. Desplazamientos producidos en eje para mezclado de arcilla y agua. ....	66
Figura 32. Factores de seguridad producidos en eje para mezclado de arcilla y agua. ....	67
Figura 33. Tensiones de Von Mises producidas en la estructura de soporte del cilindro mezclador de arcilla y agua.....	69
Figura 34. Deformaciones producidas en la estructura de soporte del cilindro mezclador de arcilla y agua.....	70
Figura 35. Factores de seguridad producidos en la estructura de soporte del cilindro mezclador de arcilla y agua.....	71
Figura 36. Ensamblaje de máquina extrusora semiautomática moldeadora de ladrillo de arcilla. ....	72
Figura 37. Vistas respectivas del ensamblaje de la máquina extrusora semiautomática moldeadora de ladrillo de arcilla.....	73

## Resumen

El informe tuvo como objetivo diseñar una máquina extrusora semiautomática para moldear ladrillo y mejorar la calidad del producto en una fábrica ladrillera de Chota en Cajamarca. Dicho informe fue aplicado, cuantitativo y no experimental. Se obtuvo que el proceso de moldeado presentó deficiencias, obteniendo un 10% del total de producción con fisuras y deformaciones, con un 20% que no cumple con los requisitos solicitados por norma. La producción debe ser de 800 ladrillos por hora, las medidas del ladrillo portante de 240mmx115mmx53mm, con una velocidad de extrusión de 0.25 m/s, presión de extrusión de 10 MPa y voltaje debe ser 380V trifásico. Para el equipamiento se seleccionaron engranajes de dientes rectos, rodamientos, un eje extrusor de 65 mm de diámetro, cilindro para el proceso de extrusión que soporte los 10 MPa de presión, ejes mezcladores de 45 mm de diámetro para arcilla y agua, un motor eléctrico de 9.2 kW, estructuras de soporte, moldes para el ladrillo portante y equipamiento eléctrico para el sistema semiautomático. Con SolidWorks se pudo determinar que los materiales y medidas empleadas fueron adecuadas, obteniendo factores de seguridad por encima de 1.50, y que las deformaciones son mínimas. Finalmente, se obtuvo un VAN de S/. 466717.02, TIR de 158.14% y un periodo para recuperar la inversión de 0.67 años, demostrando que la propuesta es viable.

**Palabras clave:** Máquina extrusora, valor actual neto, factor de seguridad.

## **Abstract**

The aim of the report was to design a semi-automatic extrusion machine to mould bricks and improve the quality of the product in a brick factory in Chota, Cajamarca. The report was applied, quantitative and not experimental. It was found that the moulding process had deficiencies, with 10% of the total production having cracks and deformations, and 20% not meeting the requirements requested by the standard. Production must be 800 bricks per hour, the supporting brick measurements must be 240mmx115mmx53mm, with an extrusion speed of 0.25 m/s, extrusion pressure of 10 MPa and voltage must be 380V three-phase. For the equipment, straight-toothed gears, bearings, a 65 mm diameter extruder shaft, a cylinder for the extrusion process that can withstand 10 MPa of pressure, 45 mm diameter mixing shafts for clay and water, a 9.2 kW electric motor, support structures, molds for the supporting brick and electrical equipment for the semi-automatic system were selected. With SolidWorks, it was possible to determine that the materials and measures used were adequate, obtaining safety factors above 1.50, and that the deformations are minimal. Finally, a NPV of S/. 466,717.02, IRR of 158.14% and a period to recover the investment of 0.67 years were obtained, demonstrating that the proposal is viable.

**Keywords:** Extruder machine, net present value, safety factor.

## I. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción, esencialmente de ladrillos de arcilla cocida, viene a ser uno de los pilares económicos con más solidez, además de un importante motor del crecimiento y desarrollo sostenible (Yaras, 2020; Gencel et al., 2020). Dichos ladrillos de arcilla cocida viene a ser uno de los materiales de construcción con mayor duración y ecológicos jamás conocidos por la humanidad (Islan et al., 2023; Abbass et al., 2022; Kizinievič et al., 2018).

De vez en cuando se han realizado muchas modificaciones en las materias primas y los procesos de fabricación para mejorar el rendimiento de los ladrillos en diversos parámetros. En el mundo moderno, los ladrillos sin cocer se fabrican estabilizando tierra o arena utilizando una variedad de aglutinantes. Los ladrillos estabilizados muestran propiedades mejoradas debido a la unión mejorada entre las partículas finas en comparación con los ladrillos no estabilizados. Los ladrillos cocidos hoy en día se fabrican a máquina en lugar de moldearse a mano como antaño (Gupta et al., 2020).

Existen dos tipos de ladrillos comúnmente utilizados en la actualidad; elaborados a base de arcilla y de cemento. Los fabricantes prefieren los ladrillos de arcilla a los ladrillos de cemento, ya que poseen las ventajas de un costo bajo de proceso, resistencia a la temperatura, influencias químicas y abrasivas y fácil producción. Además, otra ventaja es que los edificios construidos con ladrillos a base de arcilla se pueden utilizar durante largos períodos de tiempo (Ozturk et al., 2019). Además, como los ladrillos poseen una elevada resistencia a las condiciones climáticas adversas, a la compresión y tracción, puede ser utilizado con distintos propósitos, como refractarios (An et al., 2018), pavimentación o estructuras permeables (Yuan et al., 2018).

En Pakistán, gran parte los ladrillos producidos son de forma manual. Existiendo pocos fabricantes de ladrillos extruibles y por ello, gran parte son elaborados artesanalmente. Ya que fabricar dichos ladrillos demanda demasiado tiempo y desperdicio de recursos (Manan et al., 2019). De igual modo en Bangladesh y en todo la parte sur de Asia,

existe elaboración informal de ladrillo, siendo fabricado de forma artesanal. La industria convencional de ladrillo es importante para lograr el desarrollo económico y la urbanización de la región, porque se implementan los hornos cerca de áreas urbanas para generar ladrillos que luego se distribuyen en las ciudades en crecimiento (Rahman, 2022; Eil et al., 2020; Khaliquzzaman et al., 2020). En Sudáfrica, la industria de elaboración de ladrillos, desempeña un importante papel para el desarrollo y crecimiento de la economía, y la utilización de la tecnología tradicional representar una proporción significativa en la generación total de ladrillos de arcilla (Aniyikaiye et al., 2021).

Una de las herramientas sólidas es la evaluación del ciclo de vida de los ladrillos para analizar los posibles impactos ambientales que genera en el sector construcción, donde a lo largo del tiempo, se han desarrollado y evaluado ambientalmente varios ladrillos tradicionales y alternativos (Ramos et al., 2020).

En la ciudad de Chota se ha visualizado una alta demanda en la adquisición de ladrillos para construcción, debido a los incentivos que brinda el estado por medio de Techo Propio y Mi Vivienda, lo que genera un incremento en las ventas de las agencias inmobiliarias, lo cual conlleva un aumento en el suministro de materiales de construcción, especialmente de ladrillos para la construcción de distintas edificaciones, por ejemplo, ladrillo autoportante, pandereta, pastelero, King Kong, entre otros, pero el ladrillo que ofrecen los fabricantes de la ciudad de Chota, debido al proceso de fabricación que emplean, siendo artesanales por lo general, genera que el ladrillo no obtenga la calidad adecuada, de acuerdo con Vizarreta (2022) dichos ladrillos artesanales no logran cumplir con los estándares que enfatiza la norma E.070 como alabeo, absorción, variación dimensional, eflorescencia, resistencia a la compresión y a la compresión axial de apilado, y para poder adquirir ladrillos de buena calidad que sean mecanizados cumpliendo con los requisitos de la norma (Paxi Mamani, 2022), se debe esperar días para poder comprarlos de la misma localidad, porque se deben traer de otro lugar, encareciendo los costos. Esta investigación contribuye principalmente al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 9: "Industria, Innovación e Infraestructura", específicamente a través de la introducción de tecnología innovadora

y la mejora de procesos industriales en la fábrica ladrillera. Esto se alinea con la meta 9.5 de aumentar significativamente la investigación y el desarrollo en la industria, así como con el impulso hacia la industrialización inclusiva y sostenible.

En consideración con lo antes expuesto, se formuló el problema de investigación: ¿Cómo mejorar la calidad del producto mediante el diseño de una máquina extrusora semiautomática en una fábrica ladrillera en Chota, Cajamarca?

La investigación se justifica porque por medio de una máquina extrusora semiautomática se mejora la calidad de producto del ladrillo, en cuanto a tamaño, siendo más homogéneos, con un acabado superficial macizo y uniforme, poseyendo una buena resistencia mecánica debido a la utilización de un mejor proceso para su moldeado. Tecnológicamente, la introducción de una máquina extrusora semiautomática representa un avance significativo en la modernización del proceso de fabricación de ladrillos en la región, aprovechando tecnologías innovadoras para optimizar la producción y la calidad del ladrillo. Adicionalmente, es importante una máquina extrusora para moldear ladrillo, ya que al extruir la masa de arcilla se obtiene un ladrillo más compacto con menos porosidad y, por ende, se mejoran sus propiedades mecánicas además de aspecto visual.

De acuerdo a lo mencionado se planteó como objetivo general: Diseñar una máquina extrusora semiautomática para moldear ladrillo y mejorar la calidad del producto en una fábrica ladrillera de Chota en Cajamarca, y que fue desarrollado mediante la ejecución de los objetivos específicos descritos a continuación:

- Diagnosticar la situación actual del proceso de moldeado de ladrillo mostrando los indicadores de calidad del mismo.
- Determinar los parámetros de diseño de acuerdo a las normas de construcción vigentes.
- Seleccionar los componentes electromecánicos de la máquina extrusora empleando software CAD/CAE para elaborar los planos y láminas correspondientes.

- Hacer una evaluación económica empleando los indicadores VAN y TIR.

De acuerdo con la problemática y en consideración con los objetivos plasmados, se procedió con la selección de los antecedentes, con el propósito de considerarlos para el desarrollo de la actual investigación.

En el contexto internacional, en la investigación elaborada por Konan et al. (2022), presentaron una descripción general sobre los parámetros de la extrusión de biomasa lignocelulósica relevantes, además de mostrar la influencia de las configuraciones de extrusión en el rendimiento del pretratamiento. La muestra empleada fue la biomasa lignocelulósica disponible. De los resultados, obtuvieron que la mayoría de los parámetros están correlacionados y la identificación clara del propósito de la extrusión y los tratamientos posteriores, así como la posibilidad de ampliar el proceso, son importantes al seleccionar la configuración de extrusión. Durante el proceso de extrusión y la preparación de la biomasa, es importante brindar la atención adecuada al gasto energético.

En Colombia, Rúa Ramírez et al. (2021) efectuaron un estudio donde diseñaron un sistema de extrusión de arcilla de bajo costo para impresión 3D. La muestra fue la cantidad de arcilla disponible. Emplearon como instrumento a la revisión sistemática y análisis documental. De los resultados, utilizaron un sistema de arrastre para la arcilla hasta la boquilla de salida, mediante el uso de un tornillo o gusano de acero inoxidable, al cual le realizaron análisis de tensiones empleando el software de elementos finitos ANSYS WORKBENCH. La salida del extrusor de arcilla se acopla a través de una manguera al extrusor de la impresora 3D, donde se regula la velocidad de salida del material según el tipo de producto, secado, temperatura ambiente, humedad relativa, entre otros parámetros.

En Estambul, ciudad de Turquía, Oral & Birgül (2021) realizaron una investigación donde parametrizaron el uso de herramientas artesanales para controlar el proceso de elaboración y producir diseños personalizados. La muestra empleada fue la arcilla disponible y sus propiedades. De los resultados, la herramienta extrusora de arcilla

utilizada en manualidades se transformó en una herramienta extrusora reconfigurable que permitió realizar formas personalizadas. En la configuración experimental, las combinaciones de troqueles y las rotaciones de los cabezales de herramientas se examinaron con la gramática de fabricación basada en extrusión propuesta. Las formas producidas ilustran las variaciones del espacio de diseño en relación con los conjuntos de reglas.

En Malasia, Paramitha et al. (2020) realizó un artículo de investigación donde identificaron la influencia de las arcillas en las estructuras, propiedades mecánicas y biodegradabilidad de los nanocompuestos de arcilla de ácido poliláctico. De los resultados, obtuvieron nanocompuestos de arcilla de ácido poliláctico utilizando dos tipos de arcilla, montmorillonita comercial (Cloisite 30B) y bentonita comercial. Se prepararon nanocompuestos con una baja composición de arcilla de 0.5, 1.3 y 5% en peso de arcilla. A partir de los espectros XRD, la exfoliación parcial de las capas de nanoarcilla se produjo durante la extrusión por fusión. Esto dio como resultado una mejora de las características mecánicas, tomando al módulo de elasticidad, resistencia a la tracción y la deformación de rotura. La resistencia a la tracción más alta se obtuvo mediante la adición de 0.5% en peso de bentonita comercial, lo que aumentó aproximadamente un 23.25% en comparación con el ácido poliláctico puro.

En Tailandia, se tuvo el estudio realizado por Pitayachaval & Watcharamaisakul (2019), quienes diseñaron una máquina extrusora de doble tornillo corotativo basada en extrusión de chocolate. Donde se consideró como muestra al chocolate disponible y sus propiedades. Emplearon como instrumento al análisis de documentos y de datos. De los resultados, dado que se presentaron problemas con la extrusora de chocolate, se establecieron los parámetros del proceso como temperatura del barril o camisa, la velocidad con que se alimenta a la extrusora, velocidad del extrusor, carga del motor y presión de fusión.

En la ciudad de Colombia, Espinel et al. (2019) realizaron su investigación donde plantearon como objetivo analizar la falla realizada en una boquilla extrusora utilizada en la elaboración de bloques H-10 para verificar si el material de la boquilla es el

correcto de acuerdo con las características físico químicas de la arcilla. La muestra empleada fue la boquilla extrusora de arcilla. De los resultados, se diseñó una metodología para determinar la causa de falla y proponer el material adecuado para la boquilla mediante un estudio basado en ingeniería forense. Se seleccionaron muestras de la pasta arcillosa y del material de la boquilla, las cuales se caracterizaron física y químicamente ya que se efectuaron ensayos de metalografía, dureza, difracción de rayos X, espectrometría, además de microscopía electrónica de barrido.

En Portugal, Chen et al. (2019) elaboraron una investigación donde plantearon como objetivo investigar los efectos del aditivo modificador de la viscosidad (VMA) sobre la estrudabilidad de piedra caliza y materiales cementosos a base de arcilla calcinada. La muestra que emplearon fue la piedra caliza y materiales cementosos disponibles para el proceso de extrusión. Los resultados, mostraron que la presión de extrusión de todos los diseños de mezcla mostró una tendencia creciente con el tiempo. A la misma edad probada, se aumentó la presión de extrusión por debajo de 0,25 mm/s de velocidad del pistón y se mejoró la retención de forma de los filamentos extruidos aumentando la dosis de VMA. Finalmente, la mezcla con un mayor contenido de VMA mostró un mayor límite elástico de alargamiento, consistencia de flujo y límite elástico de corte.

En la ciudad de Francia, Vergnes (2019) realizó su artículo de investigación donde determinó la influencia de las condiciones de procesamiento en la preparación de nanocompuestos a base de arcilla mediante extrusión de doble tornillo. La muestra empleada fueron los nanocompuestos a base de arcilla disponibles. De los resultados, se logró determinar que se caracteriza la influencia de los principales parámetros de procesamiento (velocidad del tornillo, velocidad de alimentación, temperatura del cilindro, perfil del tornillo) sobre el estado de la dispersión de arcilla a micro y nanoescala. Se presentó el cambio de estado de dispersión a lo largo de los tornillos y los mecanismos correspondientes. Se evaluó el interés del modelado de procesos para predecir el estado de dispersión y, finalmente, se revisaron las principales modificaciones del proceso de extrusión de doble tornillo para mejorar la dispersión de

la arcilla.

Entre las teorías encontradas respecto al tema investigado, se encontraron las siguientes:

La teoría de la automatización en la industria ladrillera, dicha teoría argumenta que la implementación de maquinaria automatizada en la producción de ladrillos puede mejorar la eficiencia y la calidad del producto final (Liu et al., 2022).

La teoría de la calidad en la producción de ladrillos, de acuerdo con esta teoría, la calidad del producto final está estrechamente relacionada con los procesos de fabricación utilizados (Abbas et al., 2021).

La teoría de la modernización industrial, postula que la adopción de tecnologías modernas en el ámbito industrial conduce al desarrollo y la competitividad de las empresas (Xie et al., 2022).

La teoría del desarrollo sostenible, de acuerdo con esta teoría, las acciones orientadas al desarrollo económico deben ir de la mano con la preservación del medio ambiente y el bienestar social (Ruggerio, 2021).

La teoría de la innovación tecnológica en la industria de la construcción, esta teoría sugiere que la introducción de tecnologías innovadoras en la industria de la construcción puede conducir a mejoras significativas en la eficiencia y la calidad de los productos (Wen et al., 2020).

Los enfoques conceptuales respecto a las variables de estudio de la investigación fueron:

El enfoque tecnológico se centra en la tecnología utilizada en el diseño de la máquina extrusora semiautomática y su impacto en la calidad del producto. Se analizan aspectos como la eficiencia de la maquinaria, la precisión en el moldeado del ladrillo y la incorporación de tecnologías innovadoras para mejorar el proceso de fabricación (Li et al., 2022).

El enfoque de calidad del producto se enfoca en evaluar la calidad del producto final, considerando aspectos como la resistencia, uniformidad y estética de los ladrillos fabricados con la nueva máquina extrusora. Se analizan métodos de control de calidad y técnicas de mejora continua para garantizar estándares óptimos de calidad (Almssad et al., 2022).

El enfoque económico examina el impacto económico de la implementación de la máquina extrusora semiautomática en la fábrica ladrillera. Se evalúan aspectos como la inversión inicial en la maquinaria, los costos operativos y los beneficios económicos derivados de la mejora en la calidad del producto y la eficiencia en la producción (Yu & Wang, 2021).

La extrusión es un proceso de fabricación aditiva en el que el material a base de pasta se deposita capa por capa a través de una boquilla o matriz para producir una forma sólida. Existen muchas variantes de los mecanismos de extrusión manual que producen formas a diferentes escalas, desde ladrillos hasta joyas (Oral, 2023).

Las extrusoras de doble tornillo (TSE) tienen una capacidad única de diseño modular con diferentes tipos de elementos de tornillo, como elementos transportadores (positivos y negativos) y elementos amasadores (neutrales, positivos y negativos). El elemento amasador o bloque amasador tiene varios discos con diferentes orientaciones (Angadi et al., 2020).

En la extrusión de los materiales poliméricos que están en forma sólida se introducen en el cilindro del extrusor a través de la tolva (también pueden usarse materiales semi/totalmente fundidos en algunas aplicaciones). Los componentes y disposición básica de una extrusora de un solo tornillo se ilustra en la Figura 1 (Abeykoon, 2022).

La rentabilidad se define como la capacidad de un proyecto, inversión o actividad para generar beneficios económicos en relación con los costos asociados. Algunos indicadores utilizados para medir la rentabilidad incluyen el retorno de la inversión (ROI), el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión (PRI) (Knauer et al., 2020). Estos indicadores

proporcionan medidas cuantitativas para evaluar la rentabilidad de una inversión o proyecto en términos de la relación entre los beneficios esperados y los costos incurridos.

La rentabilidad se define como la capacidad de una inversión para generar ganancias en relación con los recursos invertidos inicialmente. Es un indicador crucial en la toma de decisiones financieras y de inversión. De acuerdo con un estudio reciente de Li et al. (2020), la rentabilidad se describe como la relación entre los rendimientos obtenidos y el capital invertido. Esta definición destaca la importancia de evaluar los beneficios en relación con la inversión inicial. En un artículo de investigación publicado por Jihadi et al. (2021), argumentaron que la rentabilidad es esencial para evaluar el rendimiento de una inversión y comparar diferentes opciones de inversión. Esto sugiere que la rentabilidad proporciona una métrica crucial para la toma de decisiones financieras informadas. Otro estudio reciente de Zumente & Bistrova (2021) sugiere que la rentabilidad sostenible es fundamental para la creación de valor a largo plazo. Esto indica que la capacidad de una inversión para mantener ganancias consistentes a lo largo del tiempo es un indicador clave de su éxito a largo plazo.

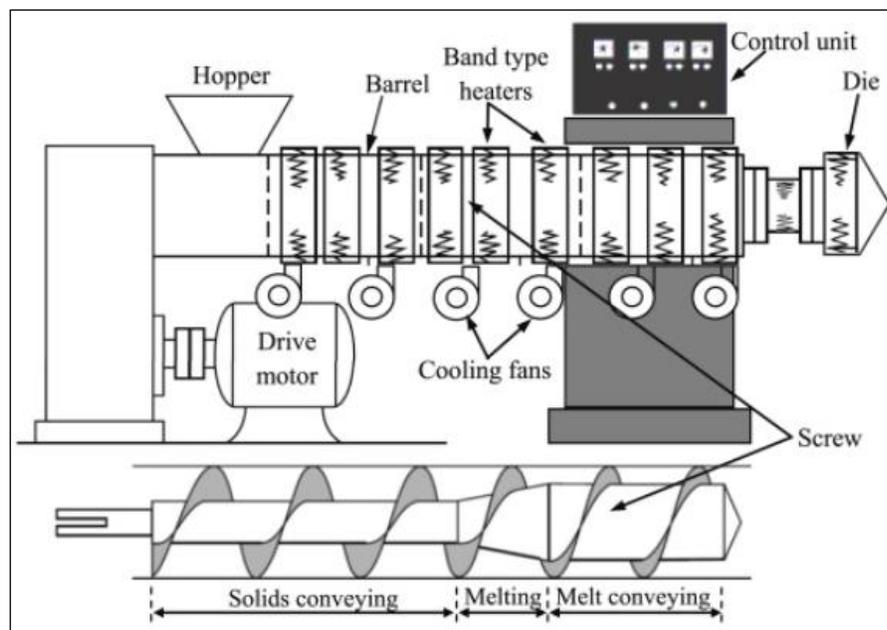


Figura 1. Componentes y disposición típica de una extrusora de un solo tornillo.

Fuente: (Abeykoon, 2022)

Para el diseño de una máquina extrusora se debe considerar un procedimiento adecuado, donde se toma en cuenta las siguientes ecuaciones y fórmulas necesarias para lograrlo.

Potencia del motor ( $Pot_{motor}$ ): Se hace uso de la siguiente ecuación:

$$Pot_{motor} = T_{eje} \times n_{eje}$$

Donde:

$T_{eje}$ : Momento torsor máximo en el eje (Nm).

$n_{eje}$ : Velocidad de rotación del eje (rpm)

Diámetro del eje ( $D_{eje}$ ): De acuerdo con Budynas & Nisbett (2018), para poder efectuar correctamente el diseño de un eje, se emplean las siguientes fórmulas:

Por fatiga:

$$D_{eje} = \left[ \left( \frac{32 N}{\pi} \right) \times \sqrt{\left( \frac{K_t \times M_{m\acute{a}x}}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

$N$ : Factor de seguridad o de diseño.

$K_t$ : Factor de concentración de esfuerzos.

$M_{m\acute{a}x}$ : Momento flexionante máximo que ocurre en la sección más desfavorable del eje (Nm).

$S'_n$ : Resistencia a la fatiga modificada.

$T$ : Momento torsor que ocurre en la sección desfavorable donde ocurre el momento flexionante máximo (Nm).

$S_y$ : Esfuerzo de fluencia (Pa).

Límite de resistencia a la fatiga ( $S_e$ ):

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

Donde:

$k_a$ : Factor de superficie.

$k_b$ : Factor de tamaño.

$k_c$ : Factor de carga.

$k_d$ : Factor de temperatura.

$k_e$ : Factor de confiabilidad.

$k_f$ : Factores por factores diversos.

$S'_e$ : Resistencia a la fatiga, dependiendo del esfuerzo último del material (Pa).

Por resistencia a la flexión ( $D_{eje flexión}$ ):

$$D_{eje flexión} = \sqrt[3]{\frac{32 \times M_{máx}}{\pi \times \sigma_x}}$$

Donde:

$\sigma_x$ : Esfuerzo normal en la dirección del eje X (Pa).

Por resistencia a la torsión ( $D_{eje torsión}$ ):

$$D_{eje torsión} = \sqrt[3]{\frac{16 \times M_{máx}}{\pi \times \tau_{xy}}}$$

Donde:

$\tau_{xy}$ : Esfuerzo cortante en el plano XY (Pa).

Por esfuerzo cortante (*D<sub>eje cortante</sub>*):

$$D_{eje\ cortante} = \sqrt{\frac{8 |V_{m\acute{a}x}|}{3 \tau_{dise\tilde{n}o}}}$$

Donde:

$V_{m\acute{a}x}$ : Fuerza cortante máxima que ocurre en la sección más desfavorable (N).

$\tau_{dise\tilde{n}o}$ : Esfuerzo cortante que soporta el material empleado (Pa).

## II. METODOLOGÍA

Se utilizó un tipo de investigación aplicada, ya que se utilizaron los conocimientos existentes de la ciencia de la ingeniería Mecánica Eléctrica para solucionar un problema específico. Además, fue de diseño no experimental donde el investigador no manipula directamente las variables, sino que observa y recopila datos sobre las variables de interés tal como se presentan en su entorno natural, sin intervenir en el entorno o alterar las condiciones. Se resalta que no se manipularon o modificaron de manera intencional o premeditada ninguna de las variables que se estudiaron. Lo que se hizo en la presente investigación fue observar de manera detallada los fenómenos tal como se dan en su contexto original y natural, para posteriormente analizarlos y obtener conclusiones. El enfoque empleado fue cuantitativo, porque se midieron las variables de estudio, considerando sus dimensiones e indicadores, para poder dar respuesta a los objetivos planteados en la investigación. El alcance de la investigación fue transversal, ya que se da realizó en un momento determinado y se analizó una muestra representativa de una población en un momento específico.

Respecto a la variable independiente, se define a una máquina extrusora semiautomática como un equipo utilizado en la industria de fabricación de ladrillos que emplea arcilla como materia prima para producir ladrillos mediante un proceso de extrusión. Este tipo de máquina se caracteriza por combinar procesos automáticos y manuales, donde la arcilla es alimentada a través de un mecanismo de extrusión que la moldea en la forma deseada de ladrillo, antes de ser cortada y secada para su posterior uso en la construcción (Nieto-Yali et al., 2023). Entre sus dimensiones se ha considerado a los parámetros iniciales de diseño y rentabilidad. En consideración con la variable dependiente, se define a la calidad de producto con respecto al ladrillo como las características y atributos que determinan su idoneidad y valor para su uso en construcción. Esto puede incluir aspectos como la resistencia, durabilidad, uniformidad en el tamaño y forma, así como la apariencia estética del ladrillo. La calidad del producto en la industria de ladrillos de arcilla es fundamental para garantizar la seguridad estructural de las edificaciones y satisfacer las expectativas de los clientes

en términos de rendimiento y estética (Diao et al., 2021). El cuadro de Operacionalización de las variables se presenta en el Anexo 1.

La población del presente estudio estuvo definida en base al objeto de la presente investigación, por todos los diferentes tipos de arcillas que se utilizan para la fabricación de ladrillos extruidos a máquina. El criterio de inclusión considerado fue que se tomó en cuenta a todas aquellas arcillas que sirven para la fabricación de ladrillos. El criterio de exclusión que se consideró fue a aquellas arcillas diferentes a las empleadas para la fabricación de ladrillo. La muestra que se considero fue todos los tipos de arcilla, aquellas que trabajan de manera correcta la mezcla arcilla – Caolín. El tipo de muestreo empleado fue no probabilístico, no se utilizaron números Random ni similares, las muestras fueron escogidas a conveniencia del investigador por existencia de datos, cercanía, facilidad de interactuar, etcétera.

Entre las técnicas de investigación, se utilizó a la observación, porque por medio de esta técnica se logró recopilar datos secundarios de la literatura existente sobre el tema del extruido de arcilla, así como la automatización de este proceso, pudiendo ser la base para determinar el principio de funcionamiento y parámetros básicos para el diseño del prototipo. Además de considerar a los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron en la presente investigación de manera adicional fue el cuestionario, definida como una herramienta escrita que contiene una serie de preguntas estructuradas que se administran a una muestra de individuos. Son de gran utilidad para recopilar datos cuantitativos y cualitativos. Y también se consideró al análisis de documentos, que significa recopilar datos a partir de documentos y registros existentes, como informes, archivos, publicaciones, entre otros. Estos documentos pueden proporcionar información contextual relevante para la investigación. Adicionalmente, se empleó a la entrevista, donde se determinó que se entrevista a los encargados y a los operarios involucrados con el extruido de arcilla para ladrillos, con el objetivo de recolectar datos que fueron utilizados para determinar la lista de requerimientos de diseño de una máquina extrusora semiautomática.

Para el método de análisis de datos, la información fue procesada mediante la aplicación de las fórmulas para el cálculo y dimensionamiento de los elementos de máquina, diseño del eje motor de la extrusora, con criterios de resistencia a flexión, torsión, rotura, fatiga y demás criterios, donde se consideraron todos los diferentes diámetros, ajustes y demás detalles constructivos (Canales Chaveteros, cambios de sección, ajustes de apriete, etcétera), diseño del tornillo de accionamiento de la extrusora, con sus características de paso y espesores correspondientes, diseño de la transmisión de fuerza y potencia, engranajes, etcétera; diseño de placas planas y finalmente, para la simulación por computadora se utilizó software especializado.

Finalmente, en el apartado de aspectos éticos se tuvo en consideración la originalidad de la investigación, evitando el plagio, para lo cual se efectuó el correcto parafraseo de las citas, referencias y alcances, se tuvo en cuenta que los aspectos éticos son fundamentales en diversos ámbitos de la vida, incluidos el ámbito profesional, la investigación científica, la tecnología y muchos otros campos, así mismo se indica que es relevante obtener el consentimiento informado de los participantes, evitar el plagio, la manipulación de datos y respetar los derechos de los sujetos de investigación.

### III. RESULTADOS

Objetivo 1: Diagnosticar la situación actual del proceso de moldeado de ladrillo mostrando los indicadores de calidad del mismo

De acuerdo con información recopilada directamente de la ladrillera, aplicando el instrumento de recolección del Anexo 2, un cuestionario destinado para el dueño de la ladrillera, se obtuvo lo siguiente respecto al proceso de fabricación de ladrillo.

Figura 2. *Procesos realizados de forma artesanal para la producción de ladrillo.*

Recolección de la materia prima	✓ Materia prima ✓ Inspección y selección
Preparación de la arcilla	✓ Trituración y molienda ✓ Tamizado
Mezclado	✓ Adición de agua ✓ Amasado
Moldeado	✓ Moldeado manual
Secado	✓ Secado al aire ✓ Secado en sombra
Horneado	✓ Preparación del Horno ✓ Cocción ✓ Enfriamiento
Almacenamiento de la producción	✓ Inspección final ✓ Almacenamiento

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2 se aprecia la información resumida de cada proceso empleado para la fabricación de ladrillos artesanales, partiendo desde la obtención de la materia prima hasta el almacenamiento de la producción. En consideración con el presente informe de tesis, se enfoca en el proceso de moldeado, describiendo lo siguiente:

#### *Proceso de moldeado de ladrillo artesanal*

Dicho proceso es el cuarto que se da en la elaboración de ladrillos artesanales, donde se moldean de forma manual que posteriormente son colocados en moldes de metal y se presionan para darle forma. Debido a que el proceso es artesanal, el moldeado

manual origina variaciones en las dimensiones de los ladrillos, resultando en productos fuera de las especificaciones estándar, afectando la uniformidad y estabilidad en la construcción. Además, la etapa de compactación es irregular, ya que la presión aplicada durante el moldeado manual no es uniforme, provocando variaciones en la densidad del ladrillo, y como consecuencia, en su resistencia, debido a que se pueden generar huecos en el interior, generando una reducción en dicho parámetro. Ello puede deberse a varios factores, como el secado al aire libre, ya que las condiciones climáticas son variables, lo que puede provocar tiempos de secado irregulares afectando la calidad. Exponer durante un tiempo prolongado al sol a los ladrillos moldeados puede provocar agrietamientos, en tanto la humedad puede retrasar el secado y debilitar la estructura, debido a que las muestras arrojaron una humedad de entre 10 a 15% de los ladrillos producidos, no cumpliendo con el estándar solicitado por la NTP 399.613.2013, que debe ser menor a 1% antes de la cocción para evitar el agrietamiento y deformación, un valor relativamente alto, donde una alta absorción de agua puede reducir la durabilidad del ladrillo y su resistencia a la intemperie. Una humedad residual inadecuada antes de la cocción puede originar que los ladrillos se agrieten o se deformen durante la etapa de cocción, afectando la calidad de los mismos.

Lo cual se puede demostrar con los datos obtenidos a continuación sobre los indicadores de calidad de los ladrillos producidos, que fueron recopilados de la ladrillera artesanal ubicada en la localidad de Chota.

#### *Análisis de calidad*

Se aplicó instrumento de recolección de datos agregado en el Anexo 2, donde se logró recopilar la siguiente información.

Tabla 1. *Datos de producción mensual 2023.*

Mes	Producción total (ladrillos)	Ladrillos defectuosos	Porcentaje (%)	Tipos de defectos (fisuras, malformaciones, etc.)
Enero	45000	4590	10.20%	Fisuras, deformaciones
Febrero	44000	4499	10.23%	Fisuras, deformaciones
Marzo	46000	4623	10.05%	Fisuras, deformaciones
Abril	47000	4620	9.83%	Fisuras, deformaciones
Mayo	48000	4857	10.12%	Fisuras, deformaciones
Junio	49000	4988	10.18%	Fisuras, deformaciones
Julio	50000	5085	10.17%	Fisuras, deformaciones
Agosto	51000	5003	9.81%	Fisuras, deformaciones
Septiembre	52000	5138	9.88%	Fisuras, deformaciones
Octubre	53000	5045	9.52%	Fisuras, deformaciones
Noviembre	54000	5447	10.09%	Fisuras, deformaciones
Diciembre	54500	5551	10.19%	Fisuras, deformaciones
<b>Total</b>	<b>593500</b>	<b>59446</b>	<b>10.02%</b>	

Fuente: Elaborado con información brindada de la ladrillera.

En la Tabla 1 se puede verificar la información recopilada de la ladrillera artesanal, obtenida desde enero a diciembre del 2023, logrando una producción anual de 593500 ladrillos, con una cantidad de ladrillos defectuosos de 59446, representando el 10.02% de la producción anual total.

Tabla 2. *Indicadores de calidad de la producción anual.*

Mes	Ladrillos medidos	Cumplen dimensiones	Cumplen resistencia	Cumplen con la absorción adecuada
Enero	100	80	78	78
Febrero	100	82	81	81
Marzo	100	81	80	80
Abril	100	79	78	78
Mayo	100	83	80	80
Junio	100	80	81	81
Julio	100	81	82	82
Agosto	100	79	79	79
Septiembre	100	78	77	77
Octubre	100	79	82	82
Noviembre	100	83	80	80
Diciembre	100	84	83	83
<b>Total</b>	<b>1200</b>	<b>969</b>	<b>961</b>	<b>961</b>
<b>Total (%)</b>		<b>80.75</b>	<b>80.08</b>	<b>80.08</b>

Fuente: Elaborado con información brindada de la ladrillera.

De la Tabla 2 se obtuvo el análisis de indicadores de calidad de la producción anual de ladrillo, recopilada de forma directa de la ladrillera en estudio, obteniéndose que el 80.75% cumple con las medidas establecidas, en tanto que un 19.25% no las cumple, y respecto a la resistencia, el 80.08% cumple con la resistencia requerida, y un 19.92%, no logra cumplir con dicho requerimiento. Ahora, respecto a la absorción de agua, cabe precisar que se encuentra relacionado con la resistencia, mientras más agua pueda absorber el ladrillo, significa que posee una gran cantidad de huecos o poros, generando un debilitamiento del mismo, que se ve reflejada en la resistencia, por ello, se considera que al obtenerse un valor del 80.08% de ladrillos que pasaron la prueba de resistencia, significa que el mismo porcentaje de ladrillos cuenta con un número de poros altos en su interior, esto en consideración con Cuayla (2022).

Por lo tanto, de acuerdo con la información analizada, la ladrillera al emplear un método tradicional artesanal para el proceso de producción de ladrillo, genera bastante desperdicio debido a defectos, por ejemplo, el 10.02% de la producción total posee deformaciones y/o fisuras, el 19.25% del total de la producción no logra cumplir con las medidas estándar y el 19.92% del total de la producción no cumple con la resistencia adecuada. Todo ello, de acuerdo con la Norma E.070 Albañilería, donde brinda las características y propiedades que debe poseer un ladrillo de arcilla con el fin de ser empleado en construcciones generales.

Objetivo 2: Determinar los parámetros de diseño de acuerdo a las normas de construcción vigentes

Para justificar en el ámbito económico el diseño de una máquina extrusora, se consideró incrementar la producción en la fábrica ladrillera, donde su producción originalmente fue de 238 ladrillos por hora aproximadamente, siendo demasiado bajo para poder justificar su diseño, por lo tanto, al momento de entrevistarse con el propietario de la ladrillera, indicó que es necesario incrementar la producción para poder justificar el diseño de una máquina extrusora además de poder suplir la demanda creciente solicitada por la región, considerando que no solo de la región de Jaén vienen a comprar, sino de zonas aledañas. Por lo tanto, consideró triplicar la

producción, logrando alcanzar 714 ladrillos por hora, pero que se redondeó a 800 ladrillos por hora.

Los parámetros para el diseño de la máquina extrusora son:

Capacidad de producción: Se obtuvo de acuerdo con la entrevista realizada al propietario de la ladrillera, quién indicó que necesitan una producción de 800 ladrillos por hora.

$$C_{producción} = 800 \frac{\text{ladrillos}}{\text{hora}}$$

Dimensiones del ladrillo: Considerando un ladrillo portante con medidas de 240 mm x 115 mm x 53 mm (estándar).

$$L = 240 \text{ mm}$$

$$A = 115 \text{ mm}$$

$$H = 53 \text{ mm}$$

Velocidad de extrusión: De acuerdo con Händle (2007), una velocidad de extrusión de 0.25 m/s permite garantizar uniformidad en forma y dimensiones, reduciendo defectos internos, permitiendo un secado y cocción uniformes, ya que también optimiza la eficiencia del proceso, asegurando consistencia en la producción y prolongando la vida útil del equipo al minimizar el desgaste y controlar mejor las fuerzas mecánicas.

$$v = 0.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Densidad de la arcilla ( $\rho$ ): 1600 kg/m<sup>3</sup> (Händle, 2007).

$$\rho_{arcilla} = 1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Longitud a diámetro (L/D) ratio del tornillo: Emplear una relación L/D de 25 en una máquina extrusora de ladrillo optimiza la mezcla y homogeneización de la arcilla,

facilita la eliminación de aire atrapado, asegurando un control térmico uniforme y mejorando la calidad del producto final reduciendo defectos y brindando un buen acabado superficial. Además, incrementa la capacidad de producción y prolonga la vida útil del equipo, asegurando una operación eficiente y económica (Händle, 2007).

$$\frac{L_{\text{tornillo}}}{D_{\text{tornillo}}} = 25$$

Presión de extrusión típica: Utilizar una presión de extrusión de 10 MPa en la fabricación de ladrillos garantiza una compactación adecuada de la arcilla, eliminando aire y porosidades, lo que mejora la densidad y resistencia del producto final. Esta presión optimiza el flujo del material a través de la extrusora, asegurando una forma y tamaño consistentes, además de mejorar la calidad superficial del ladrillo. También permite una mayor tasa de producción sin comprometer la integridad del equipo, contribuyendo a una operación eficiente y sostenible (Händle, 2007).

$$P_{\text{extrusión}} = 10 \text{ MPa}$$

Voltaje del sistema eléctrico: La información fue brindada por el encargado de la fábrica ladrillera, la cual cuenta con un voltaje de 220 V monofásico y 380 V trifásico, es decir, que cuenta con ambos suministros, pudiendo elegir entre un motor monofásico o trifásico dependiendo de la potencia calculada.

$$V_{\text{monofásico}} = 220 \text{ V}$$

$$V_{\text{trifásico}} = 380 \text{ V}$$

Densidad del acero:

$$\rho_{\text{acero}} = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Objetivo 3: Seleccionar los componentes electromecánicos de la máquina extrusora empleando software CAD/CAE para elaborar los planos y láminas correspondientes

*Potencia del motor de máquina extrusora*

Paso 1: Cálculo del Caudal Volumétrico ( $\dot{V}_{producción}$ )

Primero, se calculó el volumen de un ladrillo:

$$V_{ladrillo} = 0.240 \text{ m} \times 0.115 \text{ m} \times 0.053 \text{ m} = 0.001458 \text{ m}^3$$

Luego, el caudal volumétrico requerido:

$$\dot{V}_{producción} = 800 \frac{\text{ladrillos}}{\text{h}} \times 0.001458 \frac{\text{m}^3}{\text{ladrillo}} = 1.1664 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Se convierte la producción a metro cúbico por segundo:

$$\dot{V}_{producción} = 1.1664 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 0.000324 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Paso 2: Velocidad de Extrusión ( $v$ )

La velocidad de extrusión requerida se da como 0.25 m/s.

$$v = 0.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Paso 3: Diámetro del Tornillo ( $D_{tornillo}$ )

Se emplea la fórmula para el diámetro del tornillo:

$$D_{tornillo} = \sqrt{\frac{4 \dot{V}_{producción}}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \left(0.000324 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{\pi \times 0.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = 0.0408 \text{ m}$$

Por temas de diseño, considerando un factor de seguridad de 1.5, se ajusta a 0.0612 m, por lo que se redondeó al valor de 0.065 m.

Paso 4: Longitud del Tornillo ( $L_{\text{tornillo}}$ )

Se calcula la longitud del tornillo usando la relación L/D:

$$L_{\text{tornillo}} = \frac{L}{D_{\text{tornillo}}} \times D_{\text{tornillo}}$$

$$L_{\text{tornillo}} = 25 \times 0.065 \text{ m} = 1.625 \text{ m}$$

Paso 5: Cálculo del Torque ( $T_{\text{tornillo}}$ )

La fuerza de extrusión se puede estimar considerando la presión y el área de extrusión. Considerando una presión de extrusión de 10 MPa y una eficiencia del sistema ( $\eta$ ) de 0.85 (Händle, 2007).

$$A_{\text{boquilla}} = \frac{\pi \times D_{\text{tornillo}}^2}{4}$$

$$A_{\text{boquilla}} = \frac{\pi \times (0.065 \text{ m})^2}{4} = 0.003316 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{tornillo}} = P_{\text{extrusión}} \times A_{\text{boquilla}}$$

$$F_{\text{tornillo}} = 10 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 0.003318 \text{ m}^2 = 33160 \text{ N}$$

$$T_{\text{tornillo}} = \frac{F_{\text{tornillo}} \times r_{\text{tornillo}}}{\eta}$$

$$T_{\text{tornillo}} = \frac{33160 \text{ N} \times 0.0325 \text{ m}}{0.85} = 1268.47 \text{ Nm}$$

Paso 6: Cálculo de la Potencia del Motor ( $P_{\text{tornillo}}$ )

La velocidad angular ( $\omega$ ) del tornillo (en rad/s) se calcula a partir de la velocidad en rpm:

$$N_{\text{tornillo}} = 60 \text{ rpm}$$

$$\omega_{\text{tornillo}} = \frac{2\pi \times N_{\text{tornillo}}}{60}$$

$$\omega_{\text{tornillo}} = \frac{2\pi \times 60 \text{ rpm}}{60} = 6.2832 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P_{\text{tornillo}} = T_{\text{tornillo}} \times \omega_{\text{tornillo}}$$

$$P_{\text{tornillo}} = 1268.47 \text{ Nm} \times 6.2832 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 7.97 \text{ kW} \approx 8 \text{ kW}$$

Entonces, es necesario seleccionar un motor con una potencia de 8 kW para poder cumplir con los requerimientos de producción, pero en el mercado existe un motor de 9.2 kW de 6 polos en marca WEG con una velocidad de rotación nominal de 1175 rpm (Anexo 7).

*Diámetro exterior de la hélice del eje extrusor*

Seguidamente, se calculó el diámetro exterior de la hélice:

$$D_{\text{eje tornillo}} = 0.065 \text{ m}$$

El paso de la hélice es:

$$p_{\text{hélice}} = \frac{60 V_{\text{tornillo}}}{N_{\text{tornillo}}}$$

$$p_{\text{hélice}} = \frac{60 \times 0.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{60 \text{ rpm}} = 0.25 \text{ m}$$

El área transversal de la hélice necesaria es:

$$A_{\text{hélice}} = \frac{\dot{V}_{\text{tornillo}}}{V_{\text{tornillo}}}$$

$$A_{\text{hélice}} = \frac{0.000324 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0.01296 \text{ m}^2$$

El área transversal de la hélice es la diferencia entre el área del círculo exterior y el área del círculo del eje, por lo tanto:

$$D_{exterior} = \sqrt{\frac{4 \times A_{hélice}}{\pi} + D_{eje\ tornillo}^2}$$

$$D_{exterior} = \sqrt{\frac{4 \times 0.01296 \text{ m}^2}{\pi} + (0.065 \text{ m})^2} = 0.144 \text{ m}$$

Entonces, el diámetro del eje extrusor es de 0.065 m y la hélice debe tener un diámetro exterior de 0.144 m para poder suplir el flujo volumétrico de arcilla necesario.

#### *Cálculo del espesor de la camisa*

Es necesario determinar el espesor de la camisa o cilindro que contiene al eje extrusor, ya que soporta la presión de extrusión que es de 10 MPa, entonces se procedió de la siguiente manera:

$$t_{cilindro} = \frac{P_{extrusión} \times D_{cilindro}}{2\sigma_{cilindro} - P_{extrusión}}$$

Donde el diámetro del cilindro debe ser superior al diámetro exterior del eje extrusor, es decir, considerando una separación de 3 mm entre el eje extrusor y la camisa, el diámetro del cilindro es:

$$D_{cilindro} = D_{exterior} + 2 \times 3 \text{ mm}$$

$$D_{cilindro} = 144 \text{ mm} + 6 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

El material a emplear para el cilindro es el acero 304 con una resistencia a la tracción de 505 MPa, dato empleado para calcular el espesor.

$$\sigma_{mat.cilindro} = 505 \text{ MPa}$$

Empleando un factor de seguridad de 2.5, se determinó el esfuerzo de diseño:

$$\sigma_{cilindro} = \frac{\sigma_{mat.cilindro}}{F.S.}$$

$$\sigma_{cilindro} = \frac{505 \text{ MPa}}{2.5} = 202 \text{ MPa}$$

Entonces, sustituyendo los datos en la fórmula para calcular el espesor del cilindro:

$$t_{cilindro} = \frac{\left(10 \times 10^6 \frac{N}{m^2}\right) (0.150 \text{ m})}{2 \left(252.50 \times 10^6 \frac{N}{m^2}\right) - 10 \times 10^6 \frac{N}{m^2}} = 0.00381 \text{ m} \approx 4 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se debe emplear plancha metálica de acero AISI 4140 de 4 mm de espesor para la fabricación del cilindro de la máquina extrusora.

#### *Selección de rodamientos*

Para seleccionar los rodamientos adecuados, es necesario conocer las cargas actuantes en los soportes o apoyos del eje extrusor, que fueron obtenidas del análisis estático con SolidWorks, que fueron empleadas para seleccionar los rodamientos adecuados de acuerdo con la metodología de SKF, procediendo de la siguiente manera:

$$F_{axial} = F_a = 0.0763 \text{ kN}$$

$$R_1 = R_2 = F_{radial} = F_r = \sqrt{(12.70 \text{ kN})^2 + (0.00168 \text{ kN})^2} = 12.70 \text{ kN}$$

Seleccionando un rodamiento SKF 6313 de 65 mm de diámetro, con parámetros:

$$C = 97.50 \text{ kN}$$

$$d = 65 \text{ mm}$$

$$f_0 = 15$$

Calculando la relación:

$$f_0 \times \frac{F_a}{F_r} = 15 \times \frac{0.0763 \text{ kN}}{12.70 \text{ kN}} = 0.09$$

Siguiendo con el cálculo, se comparó el resultado obtenido de dividir la fuerza axial y radial agregando el factor de corrección, brindando que era menor al valor de “e”, por lo tanto, se empleó la ecuación siguiente:

$$P = F_{radial} = 12.70 \text{ kN}$$

Continuando con el paso siguiente, se tuvo en cuenta la vida de duración total de los rodamientos, que debe ser de 76800 horas, logrando obtener lo siguiente:

$$n_{eje \text{ extrusor}} = 60 \text{ rpm}$$

$$p = 3$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} \left( \frac{C}{P} \right)^p$$

Sustituyendo toda la información necesaria en la fórmula:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 (60 \text{ rpm})} \left( \frac{97.50 \text{ kN}}{12.70 \text{ kN}} \right)^3 = 125689.84 \text{ h}$$

Logrando cumplirse con el requerimiento de las horas de funcionamiento o vida útil, siendo superior a 76800 horas, entonces se seleccionó un rodamiento rígido de una hilera de bolas SKF 6313 de 65 mm de diámetro interior, ancho de 33 mm y un diámetro exterior de 140 mm para ambos apoyos.

#### *Sistema de transmisión por dientes rectos*

De la Tabla 3, se selecciona el factor de sobrecarga dependiendo de la máquina impulsada y la fuente de potencia, con el fin de calcular el valor tentativo del paso diametral del engranaje. Por lo tanto, se obtuvo:

Tabla 3. Recomendación para el factor de sobrecarga.

Fuentes de potencia	Maquina Impulsada			
	Uniforme	Choque ligero	Choque moderado	Choque pesado
Uniforme	1.00	1.25	1.50	1.75
Choque ligero	1.20	1.40	1.75	2.25
Choque moderado	1.30	1.70	2.00	2.75

Fuente: (Mott, 2006).

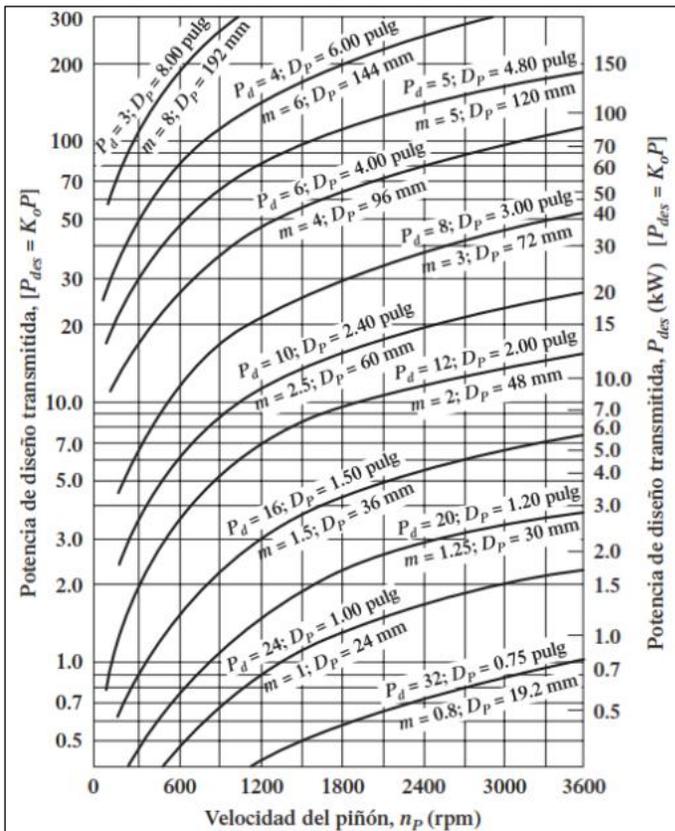
La potencia de diseño para la máquina extrusora es:

$$P_{diseño} = K_{sobrecarga} \times P_{extrusora}$$

$$P_{diseño} = 1.25 \times 9.2 \text{ kW} = 11.5 \text{ kW}$$

Empleando la Figura 3, con los datos de potencia de diseño y velocidad del motor, se seleccionó un paso diametral de 8 para comenzar con los cálculos posteriores.

Figura 3. Curvas para determinar el paso diametral.



Fuente: (Mott, 2006).

De acuerdo con Mott (2006), se puede considerar entre 17 a 21 dientes para el piñón, pero por temas de costo, se consideró un piñón pequeño, seleccionándose 19 dientes para el piñón.

$$N_p = 19 \text{ dientes}$$

Luego, se determinó la relación de velocidad:

$$RV = \frac{n_{motor}}{n_{eje \text{ extrusor}}}$$

$$RV = \frac{1175 \text{ rpm}}{60 \text{ rpm}} = 19.583$$

Debido a que es un valor muy alto, se consideró emplear una triple reducción mediante un tren de engranajes. Entonces, empleando la fórmula:

$$RV_{reducción} = \sqrt[3]{RV}$$

$$RV_{reducción} = \sqrt[3]{19.583} = 2.695$$

$$RV_{reducción 1} = RV_{reducción 2} = RV_{reducción 3} = 2.695$$

En la Tabla 4 se aprecia la cantidad de dientes para el piñón y engranaje en cada etapa de reducción.

Tabla 4. Número de dientes en cada piñón y engranaje.

Reducción	Número de dientes aproximado		Número de dientes real		Relación de velocidad		Velocidades	
	Piñón	Engranaje	Piñón	Engranaje	RV calculado	RV real	Velocidad inicial	Velocidad final
Primera	19	51.205	19	51	2.695	2.6842	1175	437.75
Segunda	19	51.205	19	51	2.695	2.6842	437.75	163.08
Tercera	19	51.205	19	51	2.695	2.6842	163.08	60.76

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se seleccionaron 19 dientes para el piñón y 51 dientes para los engranajes conducidos, obteniendo una relación real de velocidad de 2.647 y una velocidad de salida del eje extrusor de 60.76 rpm.

Posteriormente, se calcularon los pasos diametrales, distancia entre centros, velocidad de la línea de paso y la carga transmitida:

$$P_{diametral} = 8$$

$$N_{Piñón} = 19 \text{ dientes}$$

$$N_{Engranaje} = 51 \text{ dientes}$$

$$D_{Piñón} = \frac{N_{Piñón}}{P_{diametral}}$$

$$D_{Piñón} = \frac{19}{8} = 2.375 \text{ pulg} \approx 60.325 \text{ mm}$$

$$D_{Engranaje} = \frac{N_{Engranaje}}{P_{diametral}}$$

$$D_{Engranaje} = \frac{51}{8} = 6.375 \text{ pulg} \approx 161.925 \text{ mm}$$

$$C = \frac{(N_{Piñón} + N_{Engranaje})}{2 \times P_{diametral}}$$

$$C = \frac{(19 + 51)}{2 \times 8} = 4.375 \text{ pulg} \approx 111.125 \text{ mm}$$

$$v_{tang} = \frac{\pi \times D_{Piñón} \times n_{motor}}{12}$$

$$v_t = \frac{\pi \times 2.375 \times 1175}{12} = 730.58 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

Carga transmitida:

$$W_{transmitida} = 33000 \times \frac{P_{extrusora}}{v_t}$$

$$W_t = 33000 \times \frac{12.33}{730.58} = 556.94 \text{ lbf}$$

Ahora, el ancho de cara es:

$$F = \frac{12}{P_{diametral}}$$

$$F = \frac{12}{8} = 1.5 \text{ pulg} \approx 38.1 \text{ mm}$$

Se utilizó al acero como material para el piñón y engranaje. Empleando la Tabla 5, se obtuvo un coeficiente elástico:

$$C_p = 2300$$

Tabla 5. Factores para obtener el coeficiente elástico ( $C_p$ ).

Material del piñón	Módulo de elasticidad, $E_p$ , lb/pulg <sup>2</sup> (MPa)	Material y módulo de elasticidad $E_g$ , lb/pulg <sup>2</sup> (MPa), del engrane					
		Acero 30 X 10 <sup>6</sup> (2 X 10 <sup>5</sup> )	Hierro maleable 25 X10 <sup>6</sup> (1.7 X 10 <sup>5</sup> )	Hierro modular 24 X 10 <sup>6</sup> (1.7 X 10 <sup>5</sup> )	Hierro colado 22 X 10 <sup>6</sup> (1.5 X 10 <sup>5</sup> )	Bronce de aluminio 17.5 X 10 <sup>6</sup> (1.2X10 <sup>5</sup> )	Bronce de estaño 16 X 10 <sup>6</sup> (1.1 X 10 <sup>5</sup> )
Acero	30 X 10 <sup>6</sup> (2 X 10 <sup>5</sup> )	2300 (191)	2 180 (181)	2160 (179)	2100 (174)	1950 (162)	1900 (158)
Hierro maleable	25 X 10 <sup>6</sup> (1.7 X 10 <sup>5</sup> )	2180 (181)	2090 (174)	2070 (172)	2020 (168)	1900 (158)	1850 (154)
Hierro modular	24 X 10 <sup>6</sup> (1.7 X 10 <sup>5</sup> )	2160 (179)	2070 (172)	2050 (170)	2000 (166)	1880 (156)	1830 (152)
Hierro colado	22 X 10 <sup>6</sup> (1.5 X 10 <sup>5</sup> )	2100 (174)	2020 (168)	2000 (166)	1960 (163)	1850 (154)	1800 (149)
Bronce de aluminio	17.5 X 10 <sup>6</sup> (1.2 X 10 <sup>5</sup> )	1950 (162)	1900 (158)	1880 (156)	1850 (154)	1750 (145)	1700 (141)
Bronce de estaño	16 X 10 <sup>6</sup> (1.1 X 10 <sup>5</sup> )	1900 (158)	1850 (154)	1830 (152)	1800 (149)	1700 (141)	1650 (137)

Fuente: Tomado de la norma AGMA 2001-C95: Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth. con autorización del editor, American Gear Manufacturers Association, 1500 King Street, Suite 201, Alexandria, VA 22314 Nota: Relación de Poisson = 0.30; unidades de Cp: (lb/pulg<sup>2</sup>) o (MPa)

Fuente: (Mott, 2006).

Seguidamente, es necesario contar con el número de calidad  $Q_v$ , para ello se utilizó la Tabla 6, tomando como referencia la velocidad de la línea de paso, obteniendo el factor de:

$$Q_v = 7$$

Tabla 6. Recomendaciones para estimar el número de calidad AGMA.

Aplicación	Número de calidad	Aplicación	Número de calidad
Accionamiento de tambor			
Mezclador de cemento	3-5	Taladro pequeño	7-9
Horno de cemento	5-6	Lavadora de ropa	8-10
Impulsores de laminadoras de acero	5-6	Prensa de ilupresión	9-11
Cosechadora de granos	5-7	Mecanismo de computo	10-11
Grúas	5-7	Transmisión automotriz	10-11
Prensas de punzonado	5-7	Accionamiento de antena de radar	10-12
Transportador de mina	5-7	Accionamiento de propulsión marina	10-12
Máquina para fabricar cajas de papel	6-8	Accionamiento de motor de avión	10-13
Mecanismo de medidores de gas	7-9	Giroscopio	12-14
Accionamientos de máquinas herramienta y de otros sistemas mecánicos de alta calidad			
Velocidad de la línea de (pics/min)	Número de calidad		Velocidad de la línea de paso
0-800	6-8		0-4
800-2000	8- 10		4- 11
2000-4000	10- 12		11-22
Más de 4000	12-14		Más de 22

Fuente: (Mott, 2006).

Ahora, fue necesario determinar el factor dinámico utilizando la Figura 4, además de las ecuaciones respectivas, logrando obtener:

$$B = \frac{(12 - Q_v)^{0.667}}{4}$$

$$B = \frac{(12 - 7)^{0.667}}{4} = 0.7313967$$

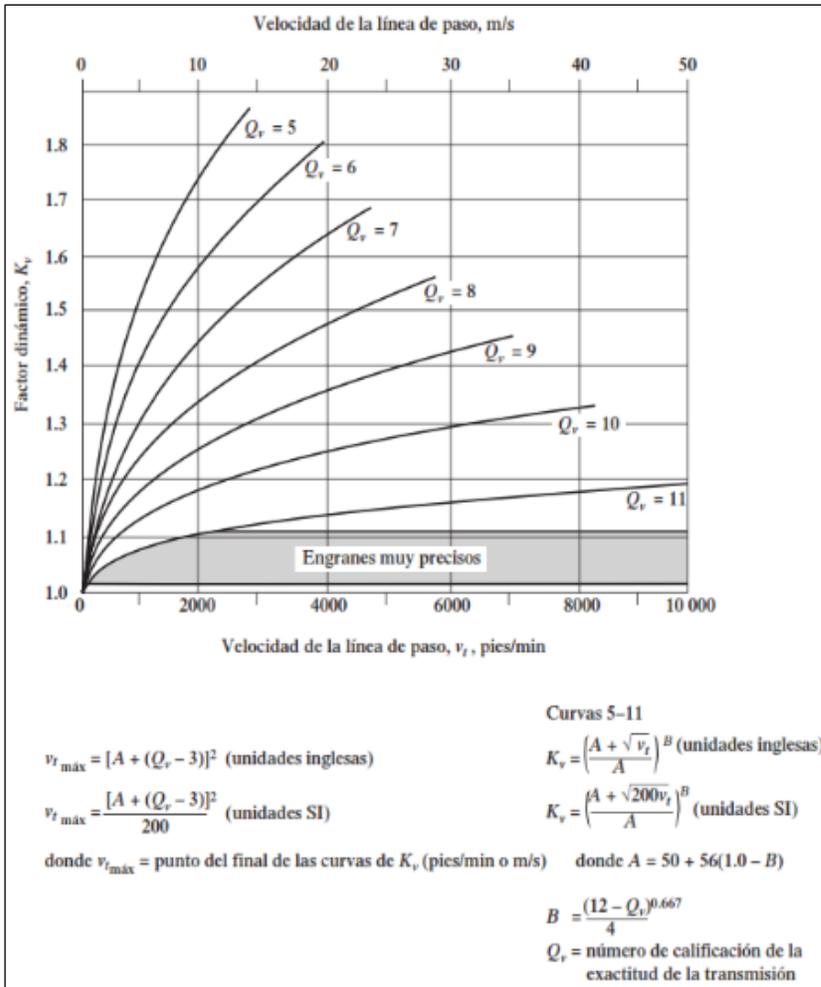
$$A = 50 + 56 (1 - B)$$

$$A = 50 + 56 (1 - 0.7313967) = 65.0417848$$

$$K_v = \left( \frac{A + \sqrt{v_t}}{A} \right)^B$$

$$K_v = \left( \frac{65.0417848 + \sqrt{730.58}}{65.0417848} \right)^{0.7313967} = 1.2894$$

Figura 4. Factores dinámicos ( $K_v$ ).



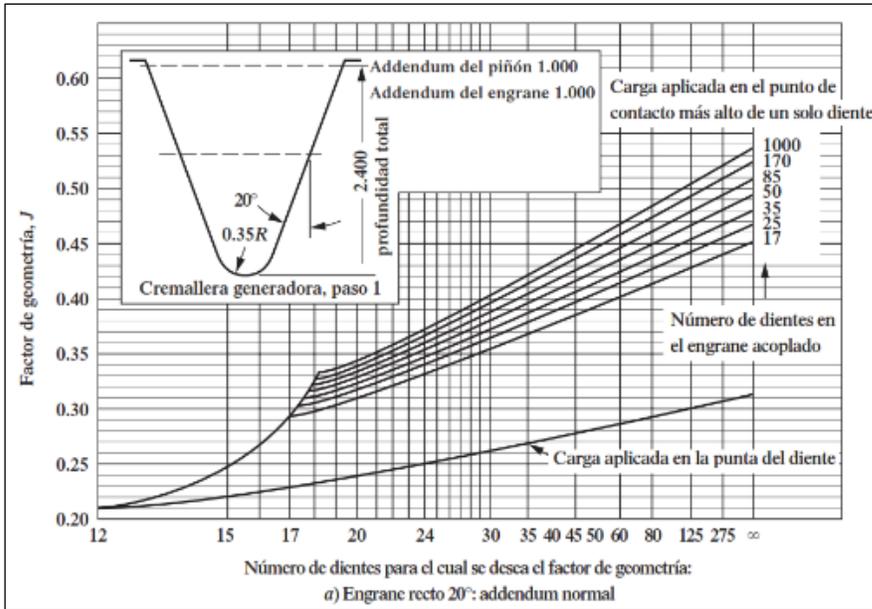
Fuente: (Mott, 2006).

Considerando que los engranajes son de dientes rectos y que el addendum del piñón y engranaje es de 1, empleando la Figura 5 se calcularon los valores de los factores geométricos para flexión, logrando obtener:

$$J_{\text{Piñón}} = 0.325$$

$$J_{\text{Engranaje}} = 0.395$$

Figura 5. Factores de geometría ( $J$ ).

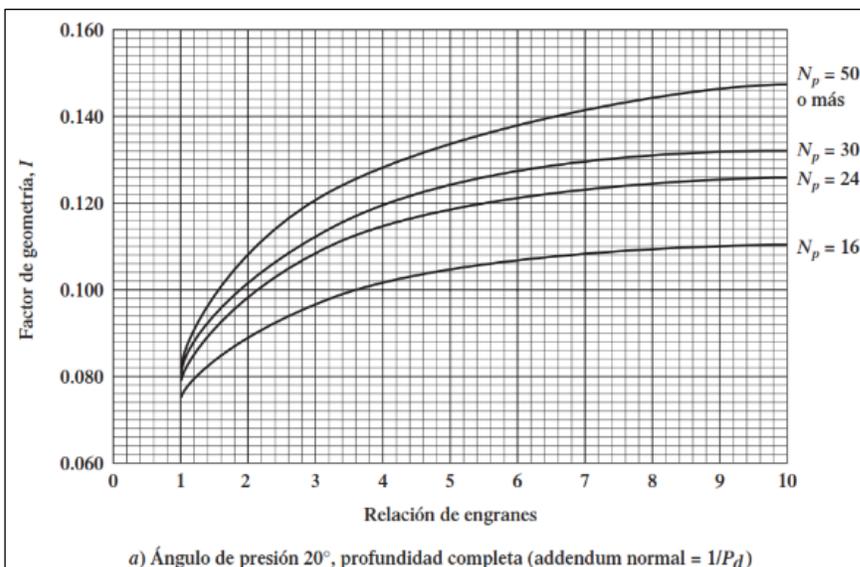


Fuente: (Mott, 2006).

También es necesario determinar el factor de geometría para picadura, para ello se utilizó la Figura 6, tomando en cuenta que son engranajes de dientes rectos con un ángulo de presión de  $20^\circ$ , se obtuvo:

$$I = 0.0915$$

Figura 6. Factores de geometría para piñones rectos externos ( $I$ ).



Fuente: (Mott, 2006).

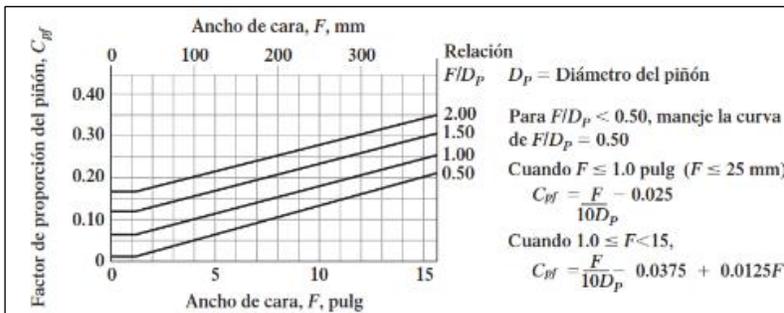
Calculando el factor de distribución de carga ( $K_m$ ), mediante el uso de la Figura 7 y Figura 8, tomando en cuenta que son unidades comerciales cerradas de engranes, se obtuvo que:

$$\frac{F}{D_{\text{Piñón}}} = \frac{1.5 \text{ pulg}}{2.375 \text{ pulg}} = 0.6316$$

$$C_{pf} = \frac{F}{10 D_p} - 0.0375 + 0.0125 F$$

$$C_{pf} = \frac{0.6316}{10} - 0.0375 + 0.0125 \times 1.5 \text{ pulg} = 0.06386$$

Figura 7. Factores de proporción ( $C_{pf}$ ).

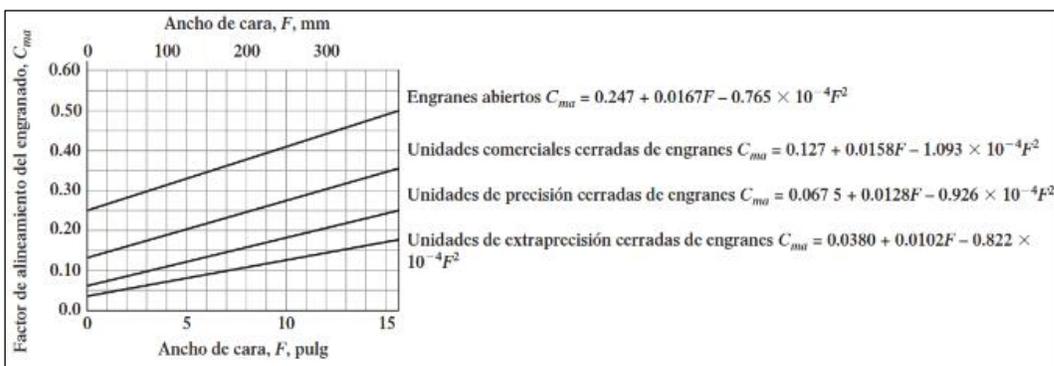


Fuente: (Mott, 2006).

$$C_{ma} = 0.127 + 0.0158 F - 1.093 \times 10^{-4} F^2$$

$$C_{ma} = 0.127 + 0.0158 \times 1.5 \text{ pulg} - 1.093 \times 10^{-4} (1.5 \text{ pulg})^2 = 0.1475$$

Figura 8. Factores de alineamiento del engranado.



Fuente: (Mott, 2006).

Entonces, el factor de distribución de carga ( $K_m$ ) calculado fue:

$$K_m = 1 + C_{pf} + C_{ma}$$

$$K_m = 1 + 0.06386 + 0.1475 = 1.21136$$

Empleando la Tabla 7 se determinó el factor de tamaño ( $K_S$ ), considerando que el paso diametral igual a 8, entonces el factor fue:

$$K_S = 1.00$$

Tabla 7. Factores de tamaño sugeridos ( $K_S$ ).

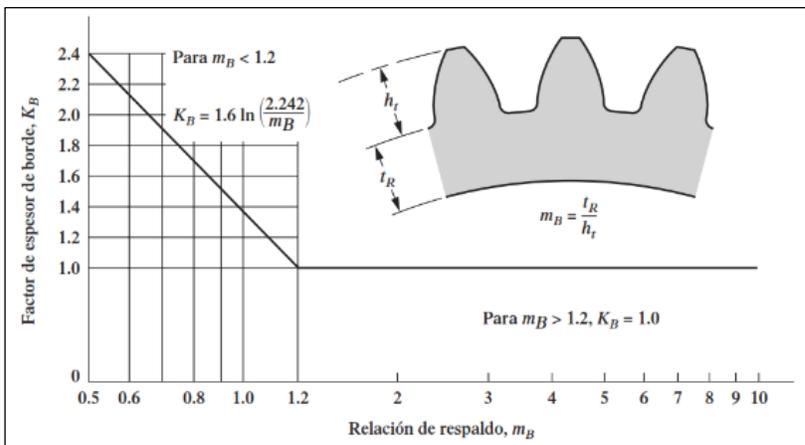
Paso diametral $P_d$	Módulo métrico, m	Factor de tamaño $K_S$
$\geq 5$	$\leq 5$	1.00
4	6	1.05
3	8	1.15
2	12	1.25
1.25	20	1.40

Fuente: (Mott, 2006).

Utilizando la Figura 9 para especificar el factor de espesor ( $K_B$ ), teniendo que  $m_B > 1.2$ , para que la orilla sea lo bastante fuerte para resistir al diente.

$$K_B = 1$$

Figura 9. Factores de espesor de borde ( $K_B$ ).



Fuente: (Mott, 2006).

De acuerdo con Mott (2006), recomienda un factor de servicio que se encuentra entre 1 y 1.50, por lo que se tomó el valor promedio, con el fin de no sobredimensionar a los engranajes aunque se les brinda un factor de seguridad adecuado para el diseño del molino triturador, obteniendo:

$$f_{servicio} = 1.20$$

Para obtener el factor de relación de dureza, se consideró que los engranes son fabricados en acero para ambos, por lo que el factor seleccionado es:

$$C_H = 1$$

Al emplear la Tabla 8, se obtiene el factor de confiabilidad para el diseño de los engranaes de dientes rectos, considerando una confiabilidad de 99%, se seleccionó:

$$K_R = 1.00$$

Tabla 8. Factores de confiabilidad ( $K_R$ ).

Confiabilidad	$K_R$
0.90, una falla en 10	0.85
0.99, una falla en 100	1.00
0.999, una falla en 1000	1.25
0.9999, una falla en 10000	1.5

Fuente: (Mott, 2006).

El paso siguiente fue determinar los números de ciclos de carga generados en cada piñón y engrane del sistema de transmisión, que deben ser debido al esfuerzo por flexión y por picadura, tanto para el piñón y el engranaje. Se determinó que la vida útil o de duración del sistema debe ser de 76800 horas, con dicha información se procedió a calcular los números de carga para cada reducción o etapa:

$$V_{\acute{u}til} = 76800 \text{ h}$$

$$q = 1$$

$$N_{cPiñón1} = 60 \times V_{\acute{u}til} \times n_{Piñón1} \times q$$

$$N_{cEngranaje1} = 60 \times V_{\acute{u}til} \times n_{Engranaje1} \times q$$

$$N_{cPiñón1} = 60 \times 76800 \times 1175 \times 1$$

$$N_{cEngranaje1} = 60 \times 76800 \times 437.75 \times 1$$

$$N_{cPiñón1} = 5.414 \times 10^9$$

$$N_{cEngranaje1} = 2.017 \times 10^9$$

$$N_{cPiñón2} = 60 \times V_{\text{útil}} \times n_{Piñón2} \times q$$

$$N_{cEngranaje2} = 60 \times V_{\text{útil}} \times n_{Engranaje2} \times q$$

$$N_{cPiñón2} = 60 \times 76800 \times 437.75 \times 1$$

$$N_{cEngranaje2} = 60 \times 76800 \times 163.08 \times 1$$

$$N_{cPiñón2} = 2.017 \times 10^9$$

$$N_{cEngranaje2} = 7.515 \times 10^8$$

$$N_{cPiñón3} = 60 \times V_{\text{útil}} \times n_{Piñón3} \times q$$

$$N_{cEngranaje3} = 60 \times V_{\text{útil}} \times n_{Engranaje3} \times q$$

$$N_{cPiñón3} = 60 \times 76800 \times 163.08 \times 1$$

$$N_{cEngranaje3} = 60 \times 76800 \times 60.76 \times 1$$

$$N_{cPiñón3} = 7.515 \times 10^8$$

$$N_{cEngranaje3} = 2.80 \times 10^8$$

Utilizando la Figura 10 y con la información obtenida de los números de carga, se procedió a determinar cada factor de resistencia a la flexión por ciclo de esfuerzo, obteniendo:

$$Y_{NPiñón1} = 1.3558 N_{cPiñón1}^{-0.0178}$$

$$Y_{NEngranaje1} = 1.3558 N_{cEngranaje1}^{-0.0178}$$

$$Y_{NPiñón1} = 1.3558 (5.414 \times 10^9)^{-0.0178}$$

$$Y_{NEngranaje1} = 1.3558 (2.017 \times 10^9)^{-0.0178}$$

$$Y_{NPiñón1} = 0.910$$

$$Y_{NEngranaje1} = 0.926$$

$$Y_{NPiñón2} = 1.3558 N_{cPiñón2}^{-0.0178}$$

$$Y_{NEngranaje2} = 1.3558 N_{cEngranaje2}^{-0.0178}$$

$$Y_{NPiñón2} = 1.3558 (2.017 \times 10^9)^{-0.0178}$$

$$Y_{NEngranaje2} = 1.3558 (7.515 \times 10^8)^{-0.0178}$$

$$Y_{NPiñón2} = 0.926$$

$$Y_{NEngranaje2} = 0.942$$

$$Y_{NPiñón3} = 1.3558 N_{cPiñón3}^{-0.0178}$$

$$Y_{NEngranaje3} = 1.3558 N_{cEngranaje3}^{-0.0178}$$

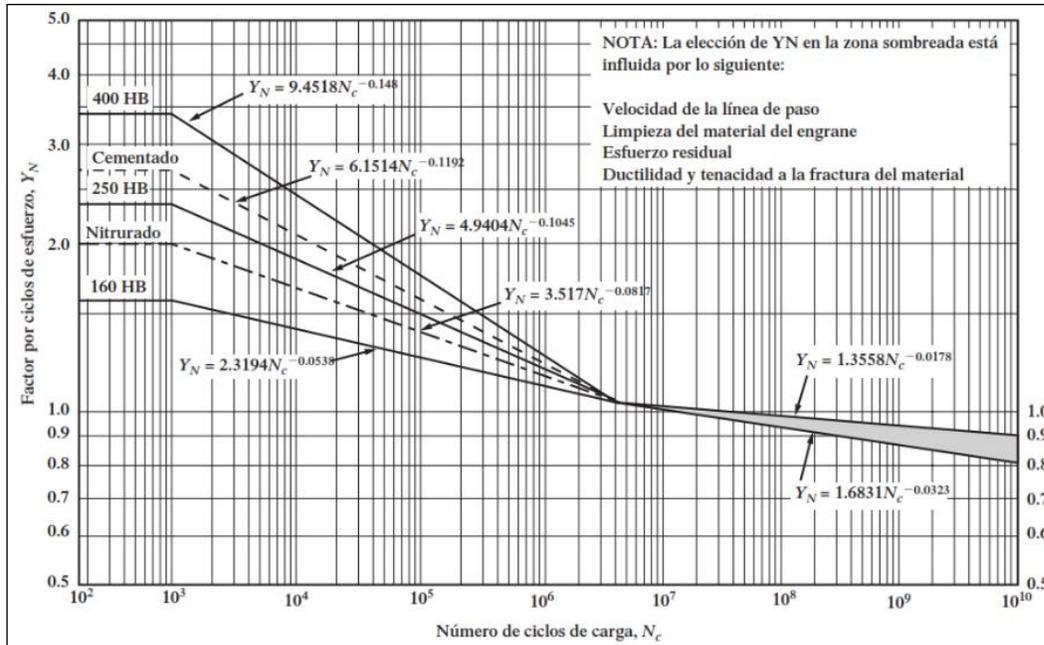
$$Y_{NPiñón3} = 1.3558 (7.515 \times 10^8)^{-0.0178}$$

$$Y_{NEngranaje3} = 1.3558 (2.80 \times 10^8)^{-0.0178}$$

$$Y_{N\text{Piñón}3} = 0.942$$

$$Y_{N\text{Engranaje}3} = 0.959$$

Figura 10. Factores de resistencia flexionante por ciclos de esfuerzo,  $Y_N$



Fuente: (Mott, 2006).

Al utilizar la Figura 11, se continuó determinando los factores debido a la resistencia por picadura en relación a los números o ciclos de esfuerzo por piñón y engranaje, obteniendo:

$$Z_{N\text{Piñón}1} = 1.4488 N_{c\text{Piñón}1}^{-0.023}$$

$$Z_{N\text{Engranaje}1} = 1.4488 N_{c\text{Engranaje}1}^{-0.023}$$

$$Z_{N\text{Piñón}1} = 1.4488 (5.414 \times 10^9)^{-0.023}$$

$$Z_{N\text{Engranaje}1} = 1.4488 (2.017 \times 10^9)^{-0.023}$$

$$Z_{N\text{Piñón}1} = 0.865$$

$$Z_{N\text{Engranaje}1} = 0.885$$

$$Z_{N\text{Piñón}2} = 1.4488 N_{c\text{Piñón}2}^{-0.023}$$

$$Z_{N\text{Engranaje}2} = 1.4488 N_{c\text{Engranaje}2}^{-0.023}$$

$$Z_{N\text{Piñón}2} = 1.4488 (2.017 \times 10^9)^{-0.023}$$

$$Z_{N\text{Engranaje}2} = 1.4488 (7.515 \times 10^8)^{-0.023}$$

$$Z_{N\text{Piñón}2} = 0.885$$

$$Z_{N\text{Engranaje}2} = 0.905$$

$$Z_{N\text{Piñón}3} = 1.4488 N_{c\text{Piñón}3}^{-0.023}$$

$$Z_{N\text{Engranaje}3} = 1.4488 N_{c\text{Engranaje}3}^{-0.023}$$

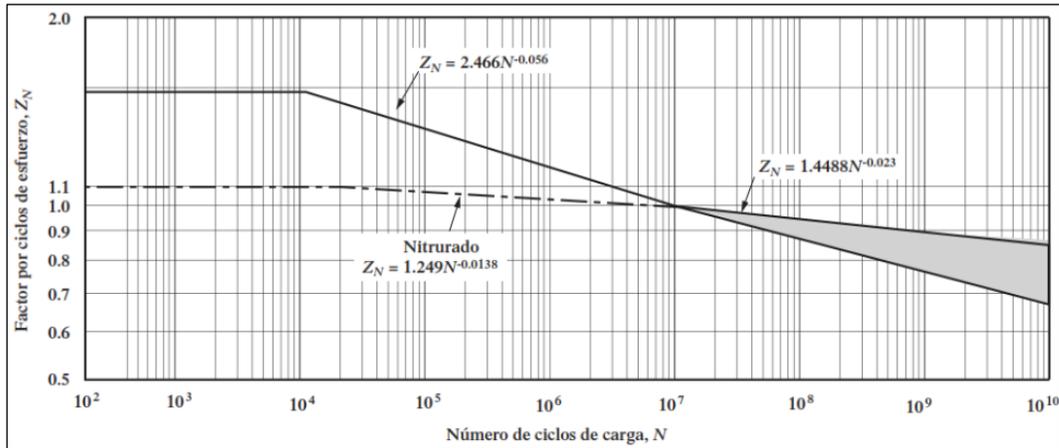
$$Z_{N\text{Piñón}3} = 1.4488 (7.515 \times 10^8)^{-0.023}$$

$$Z_{N\text{Engranaje}3} = 1.4488 (2.80 \times 10^8)^{-0.023}$$

$$Z_{N\text{Piñón}3} = 0.905$$

$$Z_{N\text{Engranaje}3} = 0.926$$

Figura 11. Factores de resistencia a la picadura por ciclos de esfuerzo ( $Z_N$ ).



Fuente: (Mott, 2006).

Seguidamente, se obtuvieron los esfuerzos flexionantes en el piñón y engranaje de la primera reducción, ya que son donde se originan los máximos esfuerzos, obteniendo:

$$S_{t\text{Piñón}1} = \frac{W_{\text{transmitida}} \times P_{\text{diametral}}}{F \times J_{\text{Piñón}}} \times K_o \times K_s \times K_m \times K_B \times K_V$$

$$S_{t\text{Piñón}1} = \frac{556.94 \times 8}{1.5 \times 0.325} \times 1.25 \times 1 \times 1.21136 \times 1 \times 1.2894 = 17844.10 \text{ psi} \approx 123.03 \text{ MPa}$$

$$S_{t\text{Engranaje}1} = S_{t\text{Piñón}1} \left( \frac{J_{\text{Piñón}}}{J_{\text{Engranaje}}} \right)$$

$$S_{t\text{Engranaje}1} = 17844.10 \text{ psi} \left( \frac{0.325}{0.395} \right) = 14681.85 \text{ psi} \approx 101.23 \text{ MPa}$$

Luego, se realizó un reajuste de dichos esfuerzos flexionantes, utilizando la fórmula descrita seguidamente:

$$S_{at\text{Piñón}1} = S_{t\text{Piñón}1} \times \frac{K_R \times f_{\text{servicio}}}{Y_{N\text{Piñón}1}}$$

$$S_{atPiñón1} = 17844.10 \text{ psi} \times \frac{1 \times 1.20}{0.910} = 23530.68 \text{ psi} \approx 162.24 \text{ MPa}$$

$$S_{atEngranaje1} = S_{tEngranaje1} \times \frac{K_R \times f_{servicio}}{Y_{NEngranaje1}}$$

$$S_{atEngranaje1} = 14681.85 \text{ psi} \times \frac{1 \times 1.20}{0.926} = 19026.16 \text{ psi} \approx 131.18 \text{ MPa}$$

Por tanto, se determinaron los esfuerzos de contacto en piñón y engranaje en la primera reducción, teniendo que:

$$S_{c1} = C_P \times \sqrt{\frac{W_{transmitida} \times K_o \times K_s \times K_m \times K_v}{F \times D_{piñón} \times I}}$$

$$S_{c1} = 2300 \text{ psi} \times \sqrt{\frac{556.94 \times 1.25 \times 1 \times 1.21136 \times 1.2894}{1.5 \times 2.375 \times 0.0915}} = 132840.20 \text{ psi} \approx 915.90 \text{ MPa}$$

Nuevamente, se realiza un reajuste en los valores obtenidos de los esfuerzos de contacto en piñón y engranaje de la primera reducción, obteniendo:

$$S_{acPiñón1} = S_{c1} \times \frac{K_R \times f_{servicio}}{Z_{NPiñón1}}$$

$$S_{acPiñón1} = 132840.20 \text{ psi} \times \frac{1 \times 1.20}{0.865} = 184286.98 \text{ psi} \approx 1270.61 \text{ MPa}$$

$$S_{acEngranaje1} = S_{c1} \times \frac{K_R \times f_{servicio}}{Z_{NEngranaje1}}$$

$$S_{acEngranaje1} = 132840.20 \text{ psi} \times \frac{1 \times 1.20}{0.885} = 180122.31 \text{ psi} \approx 1241.90 \text{ MPa}$$

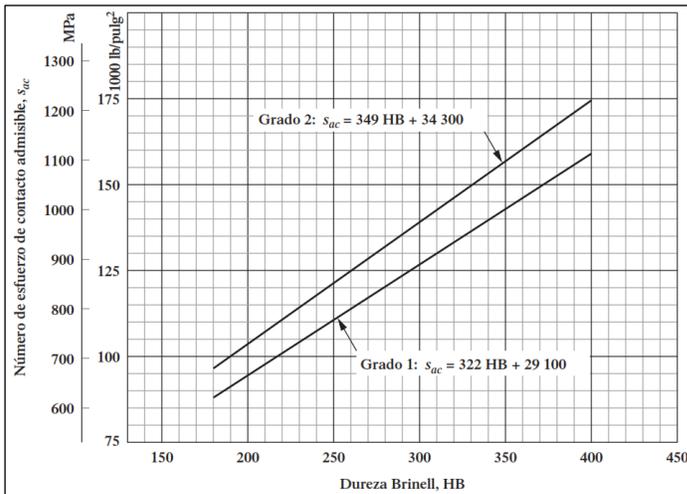
Con la Figura 12 se determina la dureza Brinell necesaria para el sistema de transmisión, tomando en cuenta un acero grado 2, logrando obtener:

$$HB = (S_{acPiñón1} - 34300) \times \frac{1}{349}$$

$$HB = (184286.98 - 34300) \times \frac{1}{349} = 429.76$$

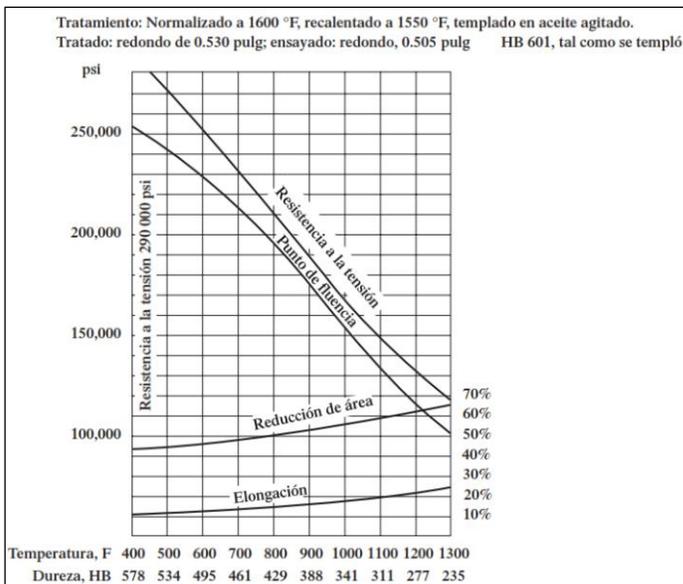
En consideración con la dureza calculada, finalmente se logró seleccionar un acero AISI 4140 de grado 2, que posee una dureza Brinell 430HB. Al realizar la conversión respectiva de dicho nivel de dureza, equivale a 184370 psi o 1000 kPa, logrando cumplir con el esfuerzo solicitado, sobrepasando el requerido.

Figura 12. Número de esfuerzo de contacto admisible ( $S_{ac}$ ).



Fuente: (Mott, 2006).

Figura 13. Propiedades del acero AISI 4140.



Fuente: (Mott, 2006).

### *Modelado con SolidWorks 2021*

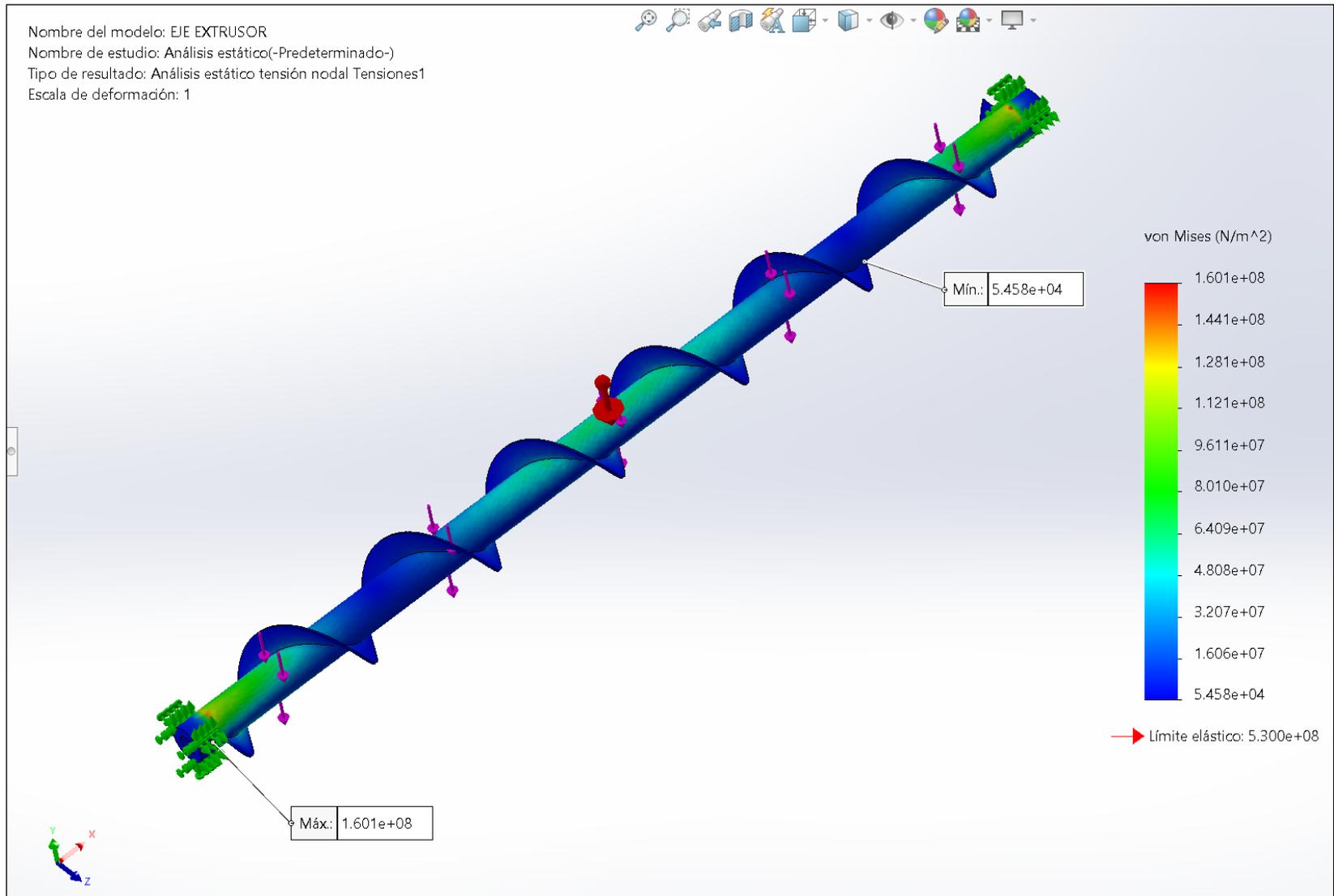
Una vez calculadas las medidas de cada elemento de máquina y estructural, se llevó a cabo el modelado empleando software SolidWorks 2021. En las figuras siguientes se muestran cada una de las piezas que conforman a la máquina extrusora y al final se puede apreciar el ensamblaje completo de dichos componentes. Cabe precisar que en el Anexo 7, se pueden apreciar todos los planos de detalle.

En la Figura 14 se observa el modelado del eje extrusor con su respectivo análisis estático, donde el material empleado fue el acero AISI 1045 estirado en frío, obteniendo los valores de Tensiones de Von Mises, con un valor máximo de 160.1 MPa y mínimo de 54.58 kPa.

En la Figura 15 se pueden verificar los desplazamientos o deformaciones generadas en el eje extrusor, logrando verificar que el máximo valor es de 1.721 mm y ocurre en el centro del eje.

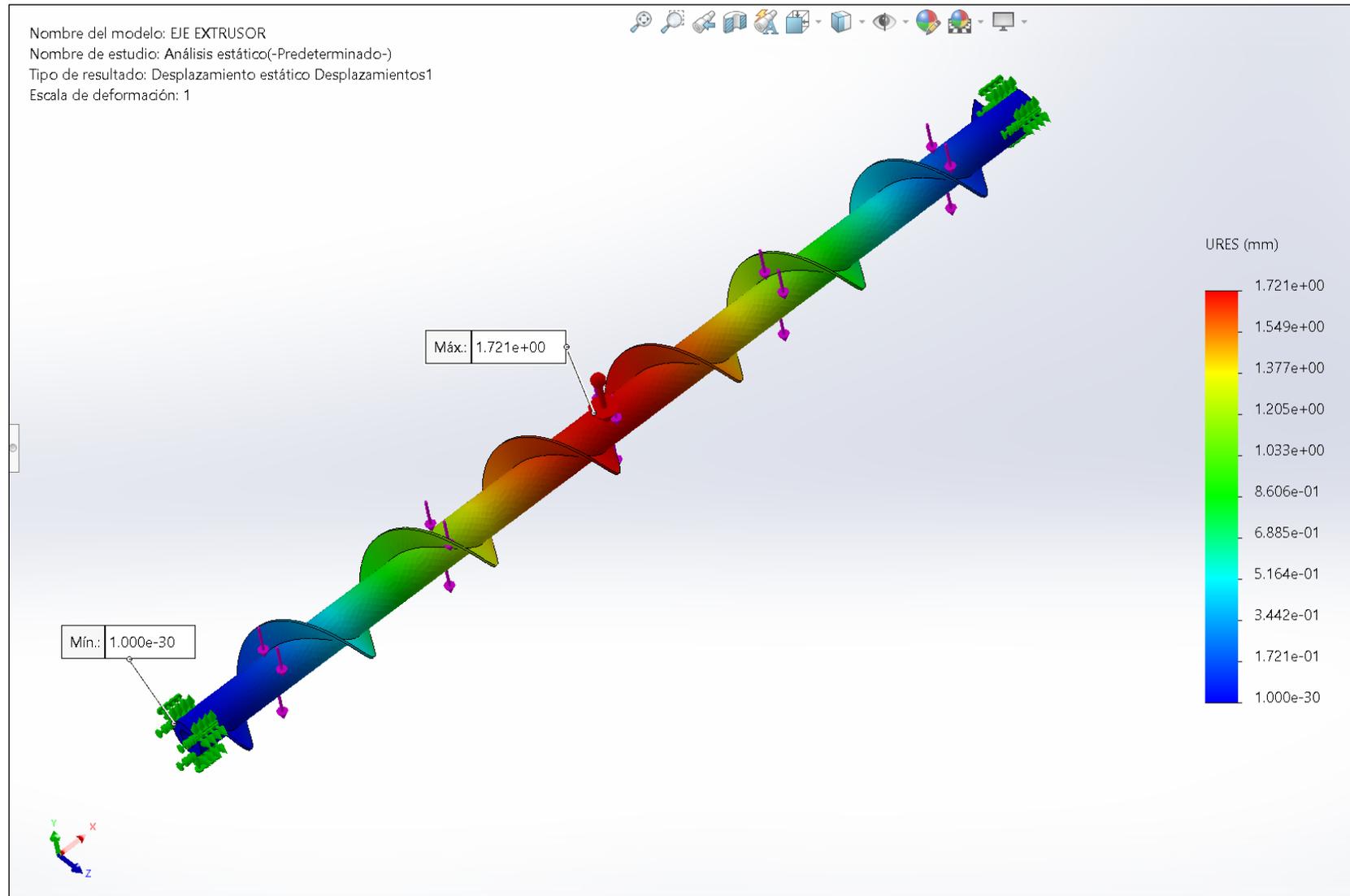
En la Figura 16 se pueden apreciar los factores de seguridad generados en el eje extrusor, obteniendo un mínimo valor de 3.310, logrando demostrar que el material y medidas seleccionadas son adecuadas. En consideración con Jovinall & Marshek (2013), un factor superior a 1.50 es bastante adecuado, permitiendo un dimensionamiento correcto sin generar costos elevados en el diseño de los elementos de máquina.

Figura 14. Tensiones de Von Mises obtenidas en el eje extrusor.



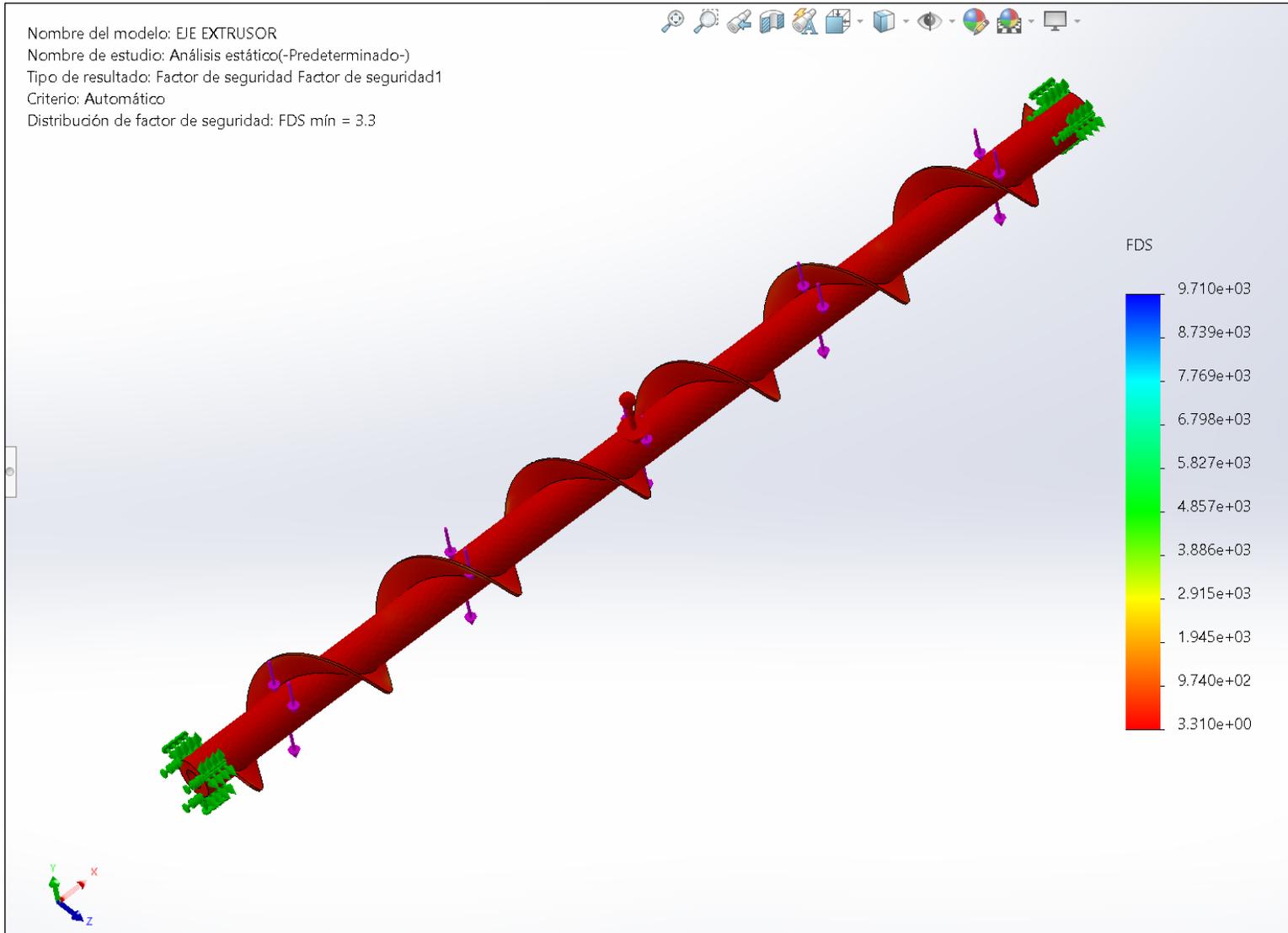
Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 15. Deformaciones generadas en el eje extrusor.



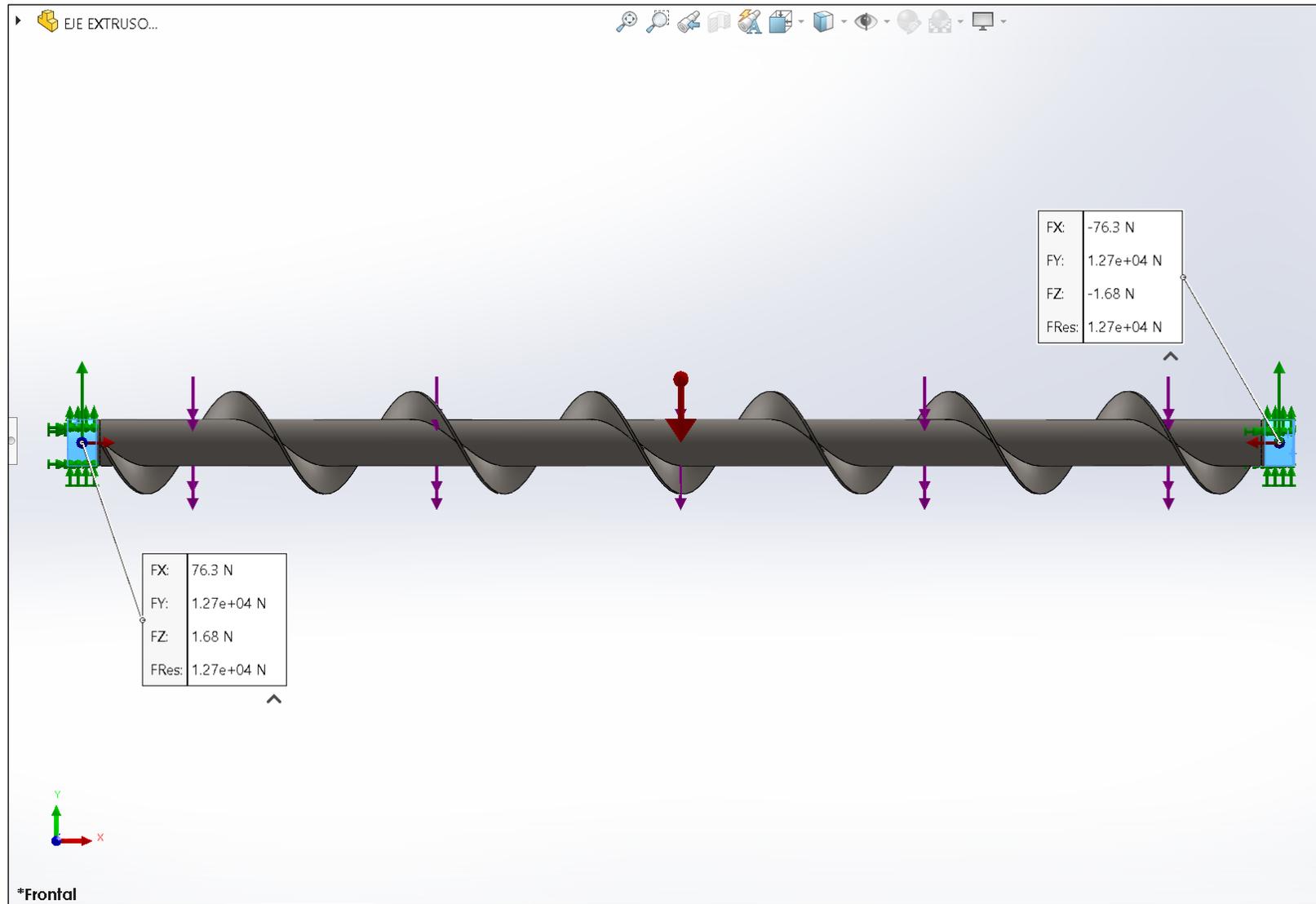
Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 16. Factores de seguridad generados en el eje extrusor.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 17. Fuerzas resultantes en los apoyos del eje extrusor.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

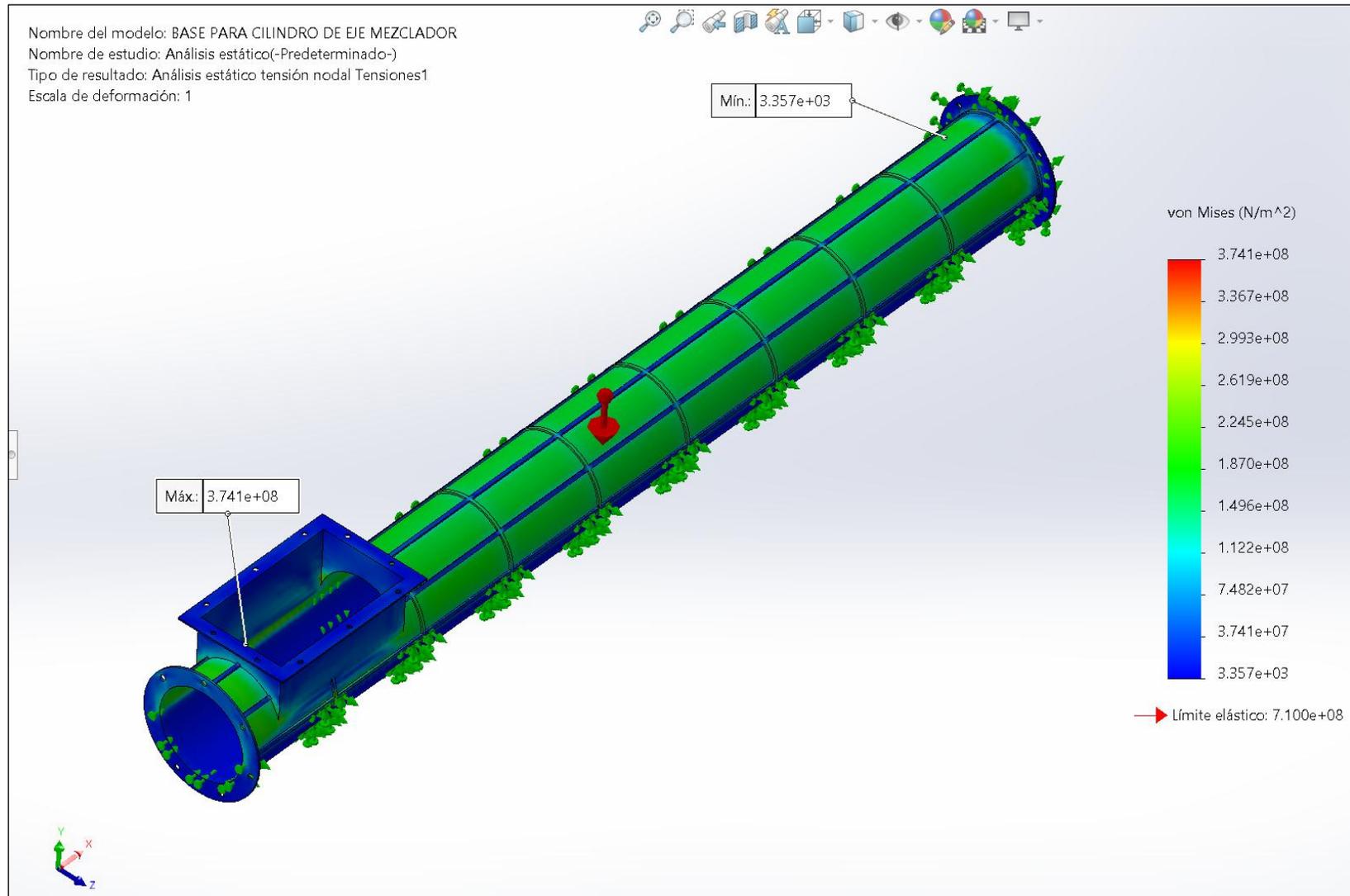
El material empleado para modelar la base para el cilindro del eje mezclador fue el acero AISI 4340 normalizado, ya que como debe resistir la presión de 10 MPa empleados para la extrusión de la arcilla para la producción de ladrillo. Al efectuar el análisis estático con el software SolidWorks se obtuvo lo siguiente:

En la Figura 18 se pueden verificar las tensiones de Von Mises generadas, logrando obtener un valor máximo de 374.10 MPa y un mínimo valor de 3.357 kPa, donde el máximo valor se encuentra por debajo del límite elástico del material empleado.

En la Figura 19 se pueden observar los desplazamientos generados, logrando obtener un valor máximo de 0.3086 mm que se produce en el centro.

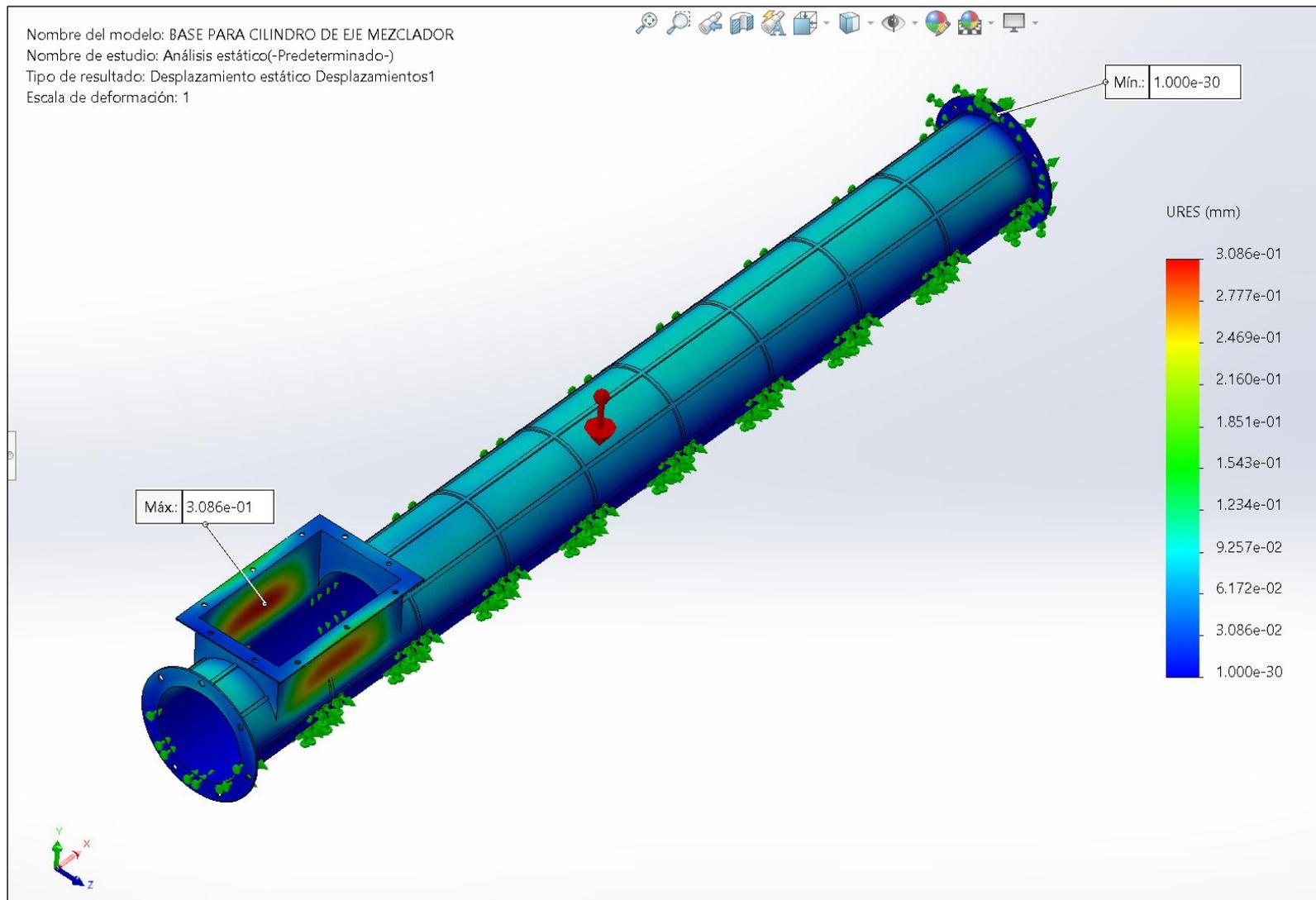
En la Figura 20 se pueden verificar los factores de seguridad producidos, donde el mínimo valor calculado fue de 1.898 y un máximo valor de 211500, lo que permite demostrar que el material seleccionado y modelado efectuado es adecuado. En consideración con Juvinall & Marshek (2013), un factor superior a 1.50 es bastante adecuado, permitiendo un dimensionamiento correcto sin generar costos elevados en el diseño de los elementos de máquina.

Figura 18. Tensiones de Von Mises producidos en la base para cilindro de eje mezclador.



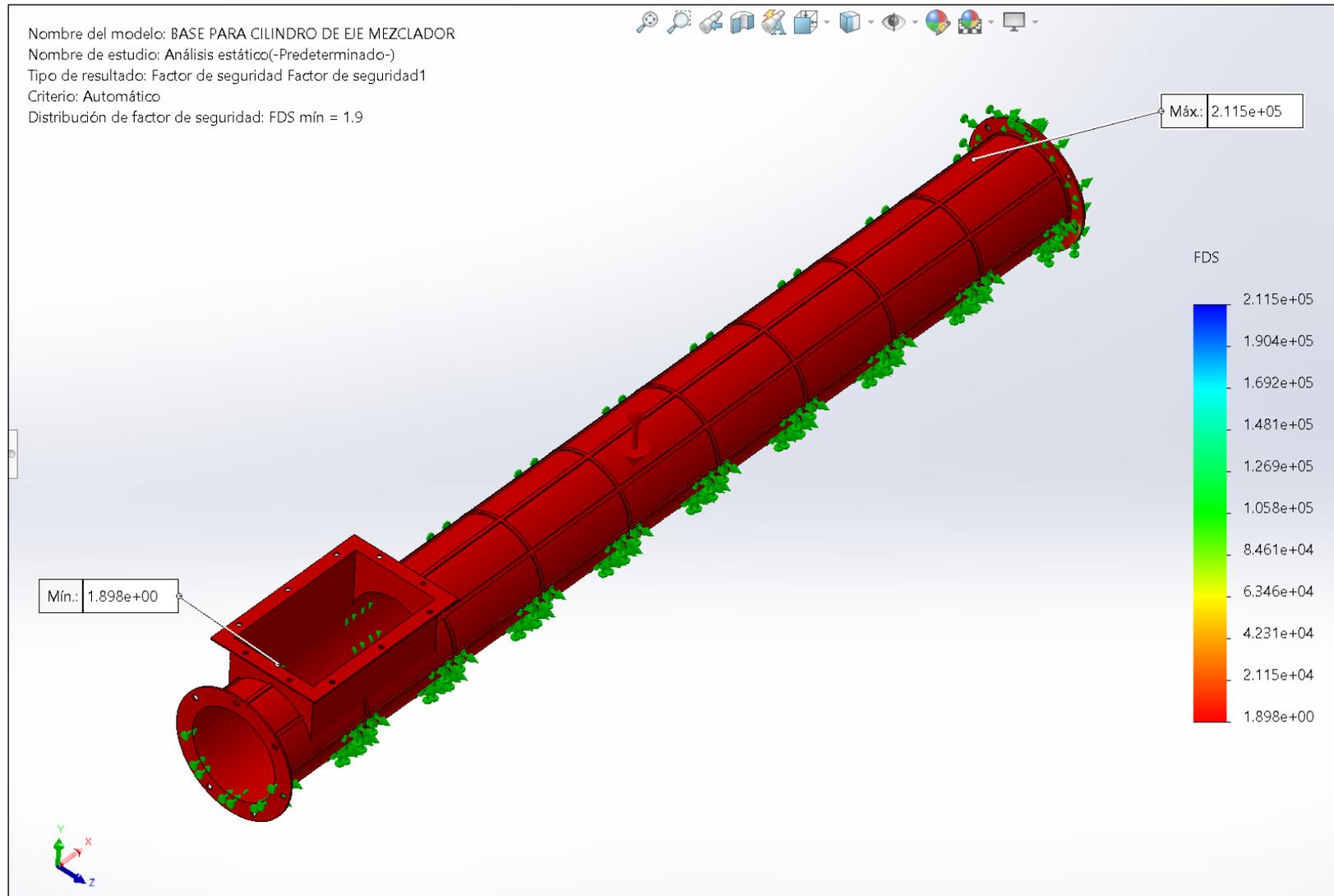
Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 19. Deformaciones producidas en la base para cilindro de eje mezclador.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 20. Factores de seguridad producidos en la base para cilindro de eje mezclador.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

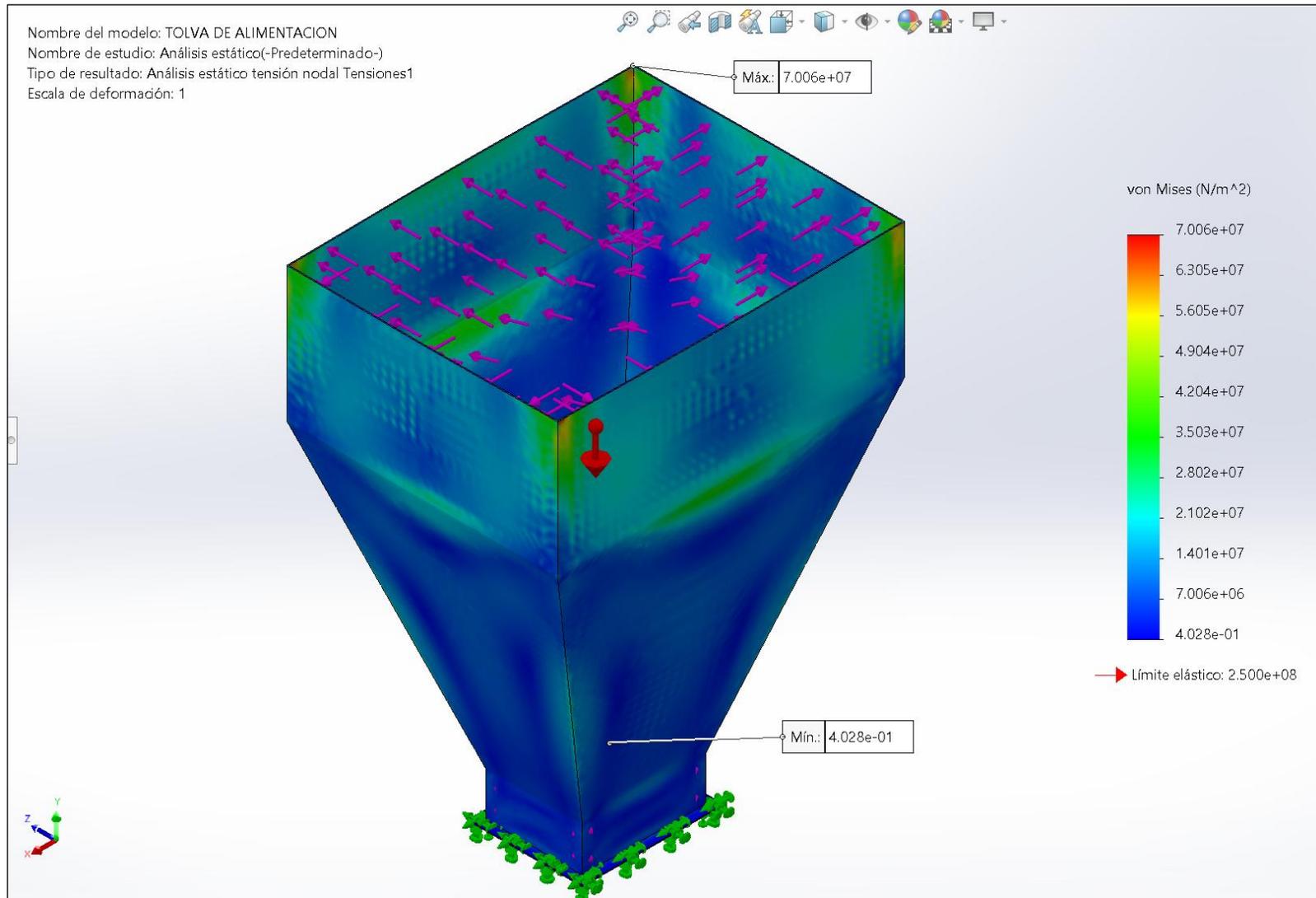
El material empleado para poder modelar la tolva de alimentación fue el acero A36, ya que solamente debe soportar el peso de la arcilla cargada al momento de suministrarse, que es cada 20 minutos, por ende, al utilizar el software SolidWorks para realizar el análisis estático respectivo se obtuvo lo siguiente:

En la Figura 21 se observan las tensiones de Von Mises, obteniendo un valor máximo de 70.06 MPa que se encuentra por debajo del límite elástico del material seleccionado, y un valor mínimo de 0.4028 Pa.

En la Figura 22 se pueden ver los desplazamientos generados en la tolva de alimentación, obteniendo un máximo desplazamiento de 3.766 mm, siendo un valor prácticamente imperceptible.

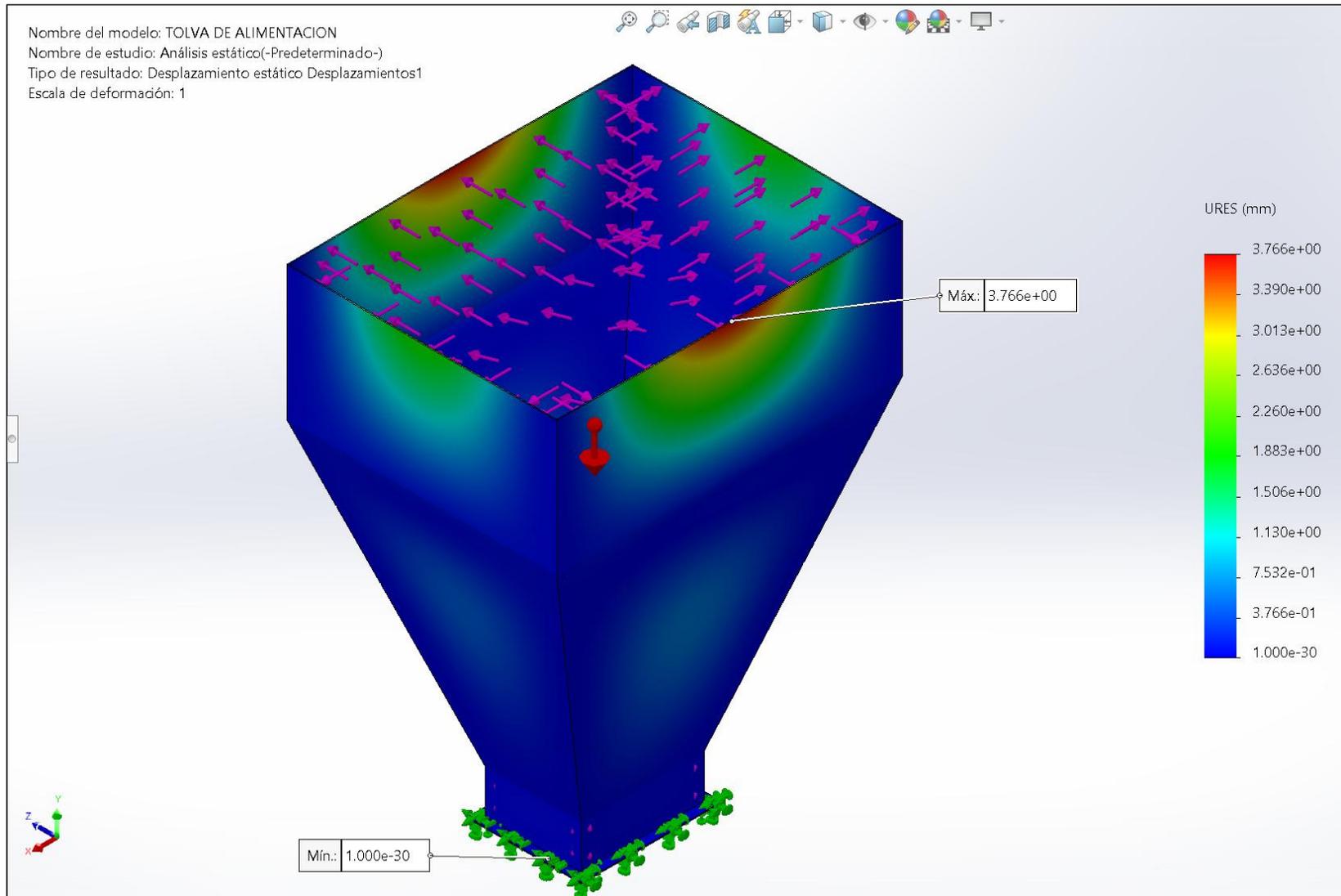
En la Figura 23 se aprecian los factores de seguridad generados en la tolva de alimentación, con un mínimo valor de 3.568, y un máximo valor de 620600000, demostrando que el material seleccionado y las medidas establecidas son las adecuadas. En consideración con Juvinall & Marshek (2013), un factor superior a 1.50 es bastante adecuado, permitiendo un dimensionamiento correcto sin generar costos elevados en el diseño de los elementos de máquina.

Figura 21. Tensiones de Von Mises generadas en la tolva de alimentación.



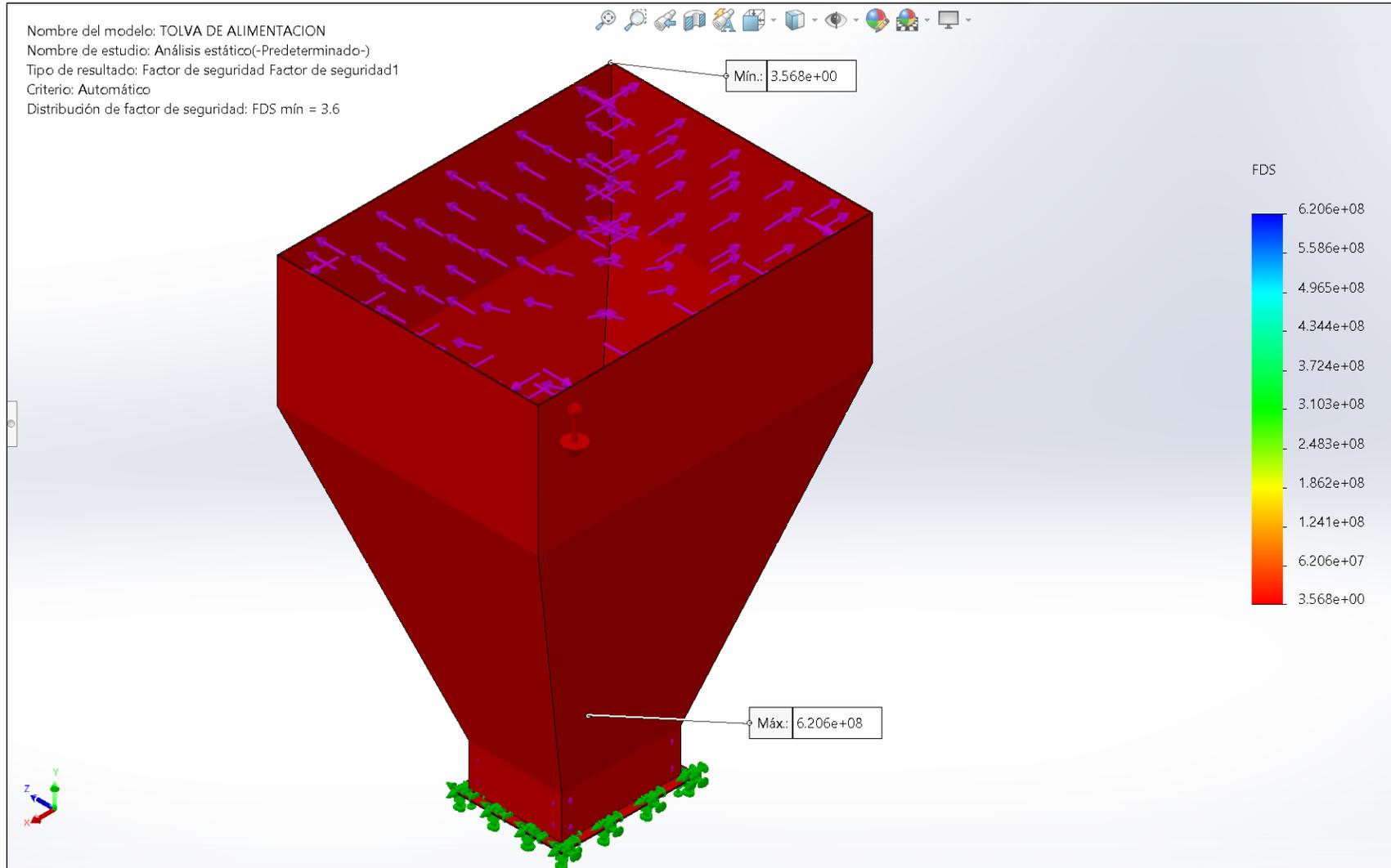
Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 22. Desplazamientos generados en la tolva de alimentación.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 23. Factores de seguridad generados en la tolva de alimentación.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

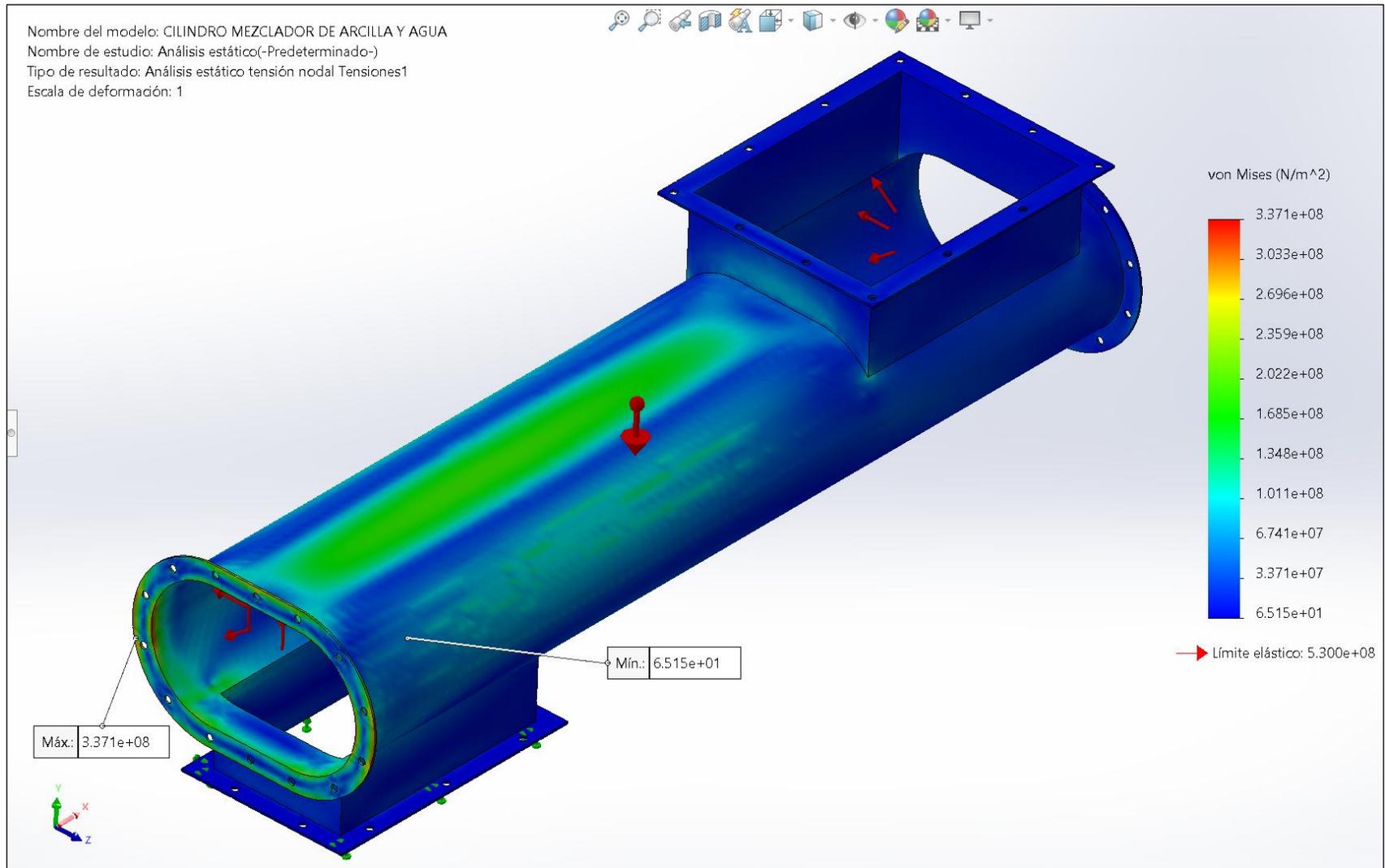
El material empleado para poder modelar el cilindro mezclador de arcilla y agua fue el acero AISI 1045 estirado en frío, ya que solamente debe soportar el peso de la arcilla además de una presión de aproximadamente 140 kPa, por ende, al utilizar el software SolidWorks para realizar el análisis estático respectivo se obtuvo lo siguiente:

En la Figura 24 se observan las tensiones de Von Mises, obteniendo un valor máximo de 337.10 MPa que se encuentra por debajo del límite elástico del material seleccionado, y un valor mínimo de 65.15 Pa.

En la Figura 25 se pueden ver los desplazamientos generados en el cilindro mezclador de arcilla y agua, obteniendo un máximo desplazamiento de 2.613 mm, siendo un valor prácticamente imperceptible.

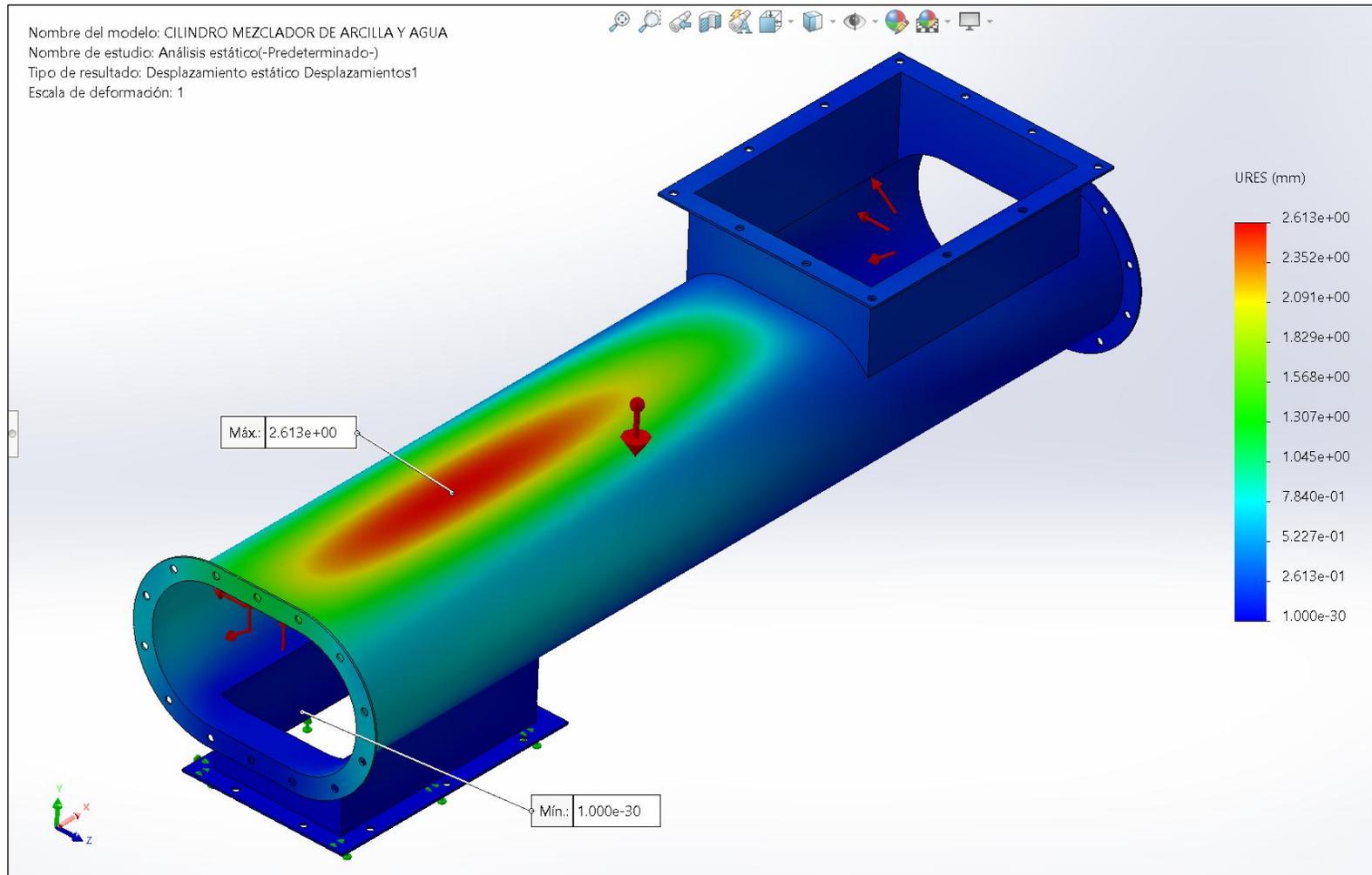
En la Figura 26 se aprecian los factores de seguridad generados en el cilindro mezclador de arcilla y agua, con un mínimo valor de 1.572, y un máximo valor de 8136000, demostrando que el material seleccionado y las medidas establecidas son las adecuadas. En consideración con Juvinall & Marshek (2013), un factor superior a 1.50 es bastante adecuado, permitiendo un dimensionamiento correcto sin generar costos elevados en el diseño de los elementos de máquina.

Figura 24. Tensiones de Von Mises producidas en el cilindro mezclador de arcilla y agua.



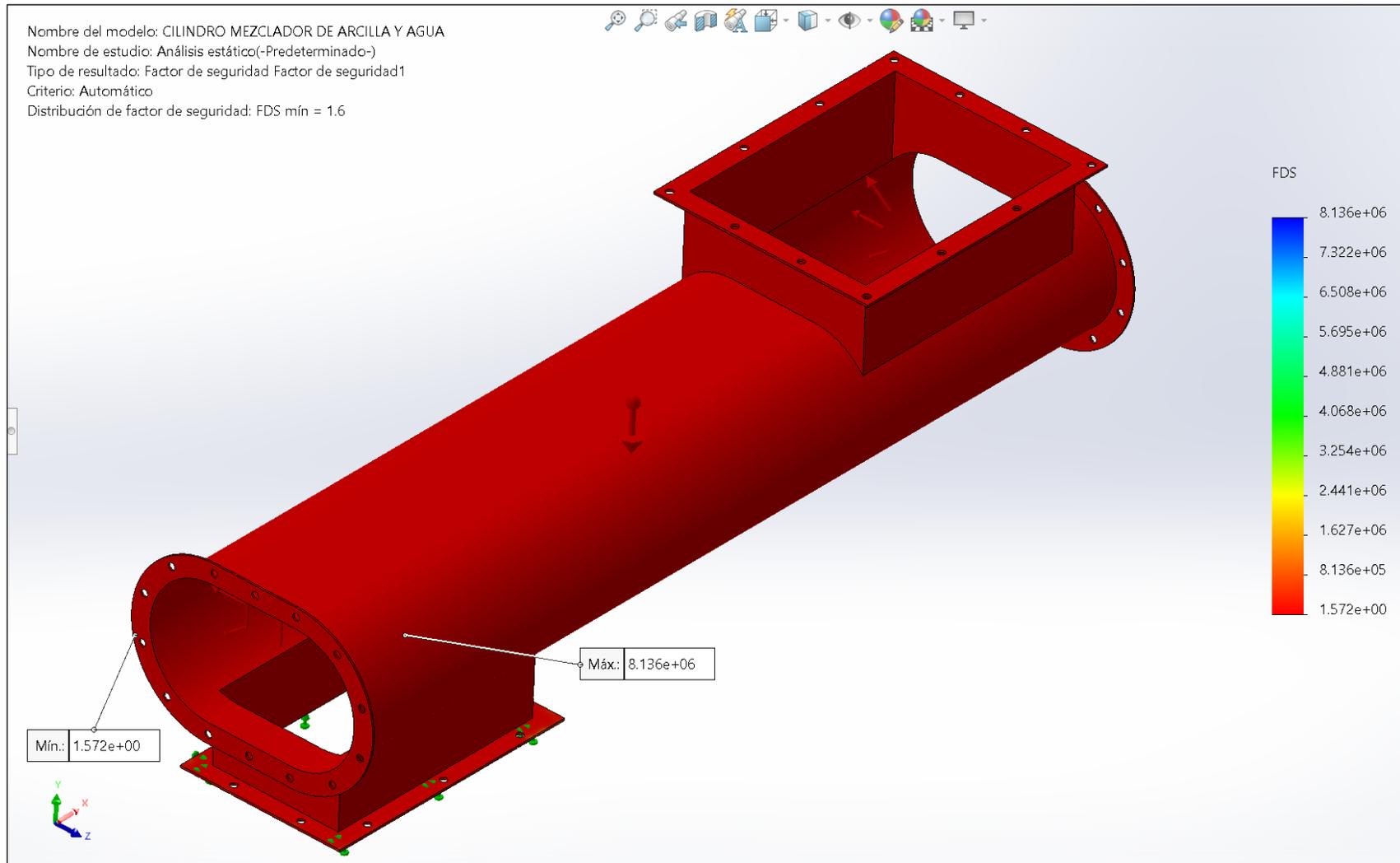
Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 25. Deformaciones producidas en el cilindro mezclador de arcilla y agua.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 26. Factores de seguridad producidos en el cilindro mezclador de arcilla y agua.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

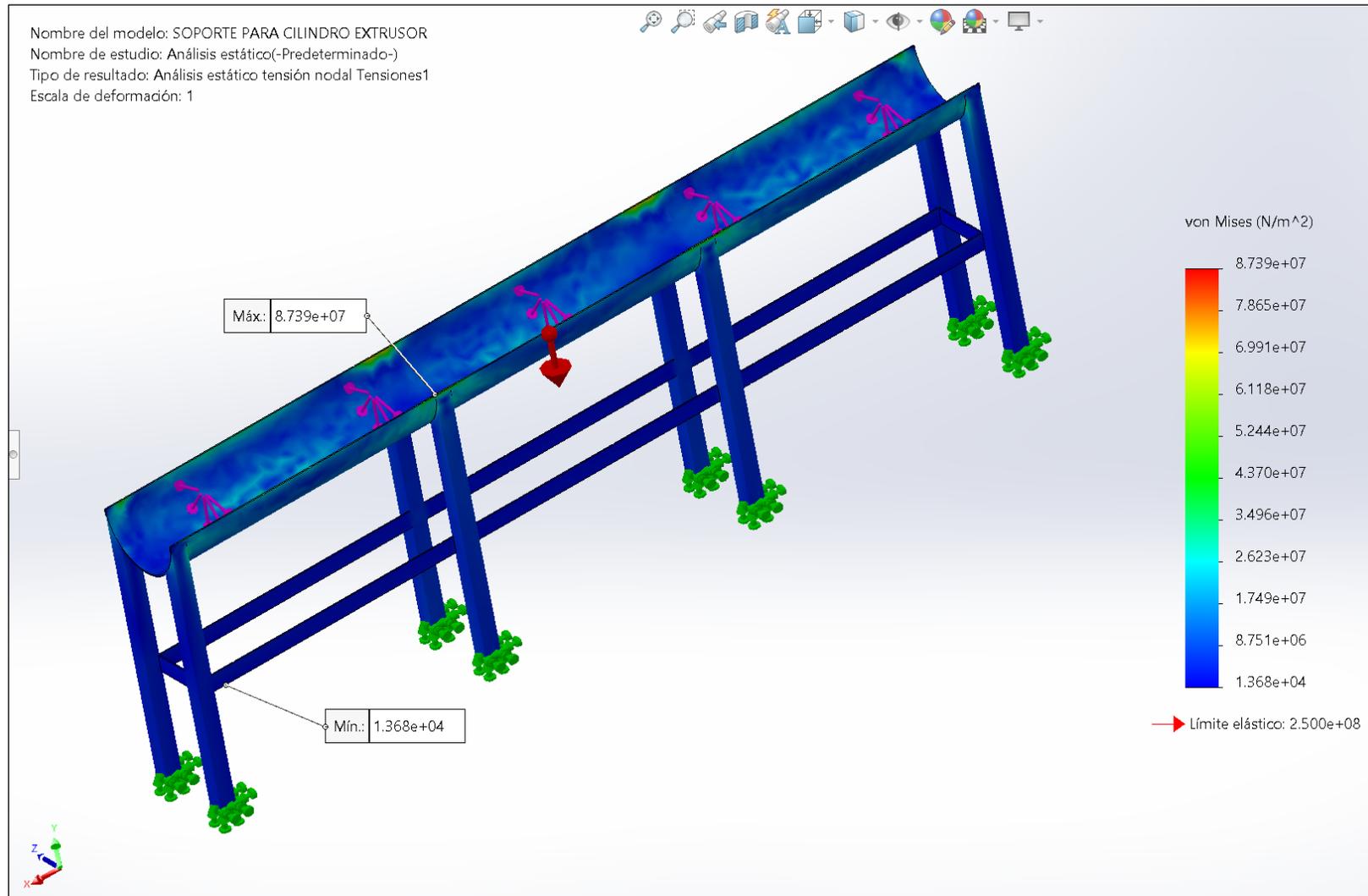
El material empleado para modelar el soporte para el cilindro extrusor fue el acero AISI A36, ya que como debe resistir el peso de la mezcla de arcilla extruida, el peso del eje extrusor, el cilindro o camisa que contiene al eje extrusor entre otros componentes que permiten obtener el producto final, por ende, al efectuar el análisis estático con el software SolidWorks se obtuvo lo siguiente:

En la Figura 27 se pueden verificar las tensiones de Von Mises generadas, logrando obtener un valor máximo de 87.39 MPa y un mínimo valor de 13.68 kPa, donde el máximo valor se encuentra por debajo del límite elástico del material empleado.

En la Figura 28 se pueden observar los desplazamientos generados, logrando obtener un valor máximo de 0.4088 mm que se produce en un extremo donde se concentra el mayor peso.

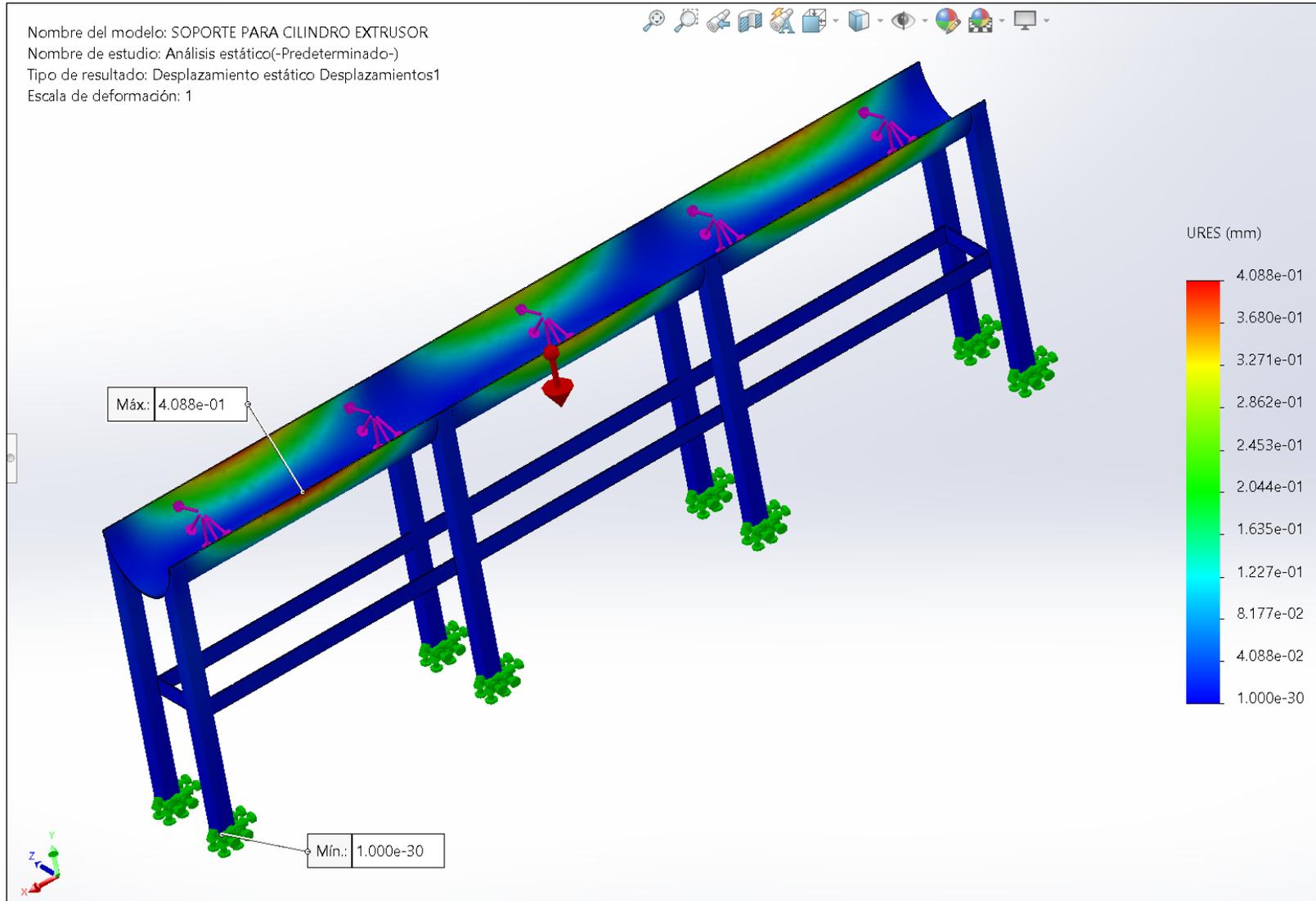
En la Figura 29 se pueden verificar los factores de seguridad producidos, donde el mínimo valor calculado fue de 2.861 y un máximo valor de 18270, lo que permite demostrar que el material seleccionado y modelado efectuado es adecuado. En consideración con Juvinal & Marshek (2013), un factor superior a 1.50 es bastante adecuado, permitiendo un dimensionamiento correcto sin generar costos elevados en el diseño de los elementos de máquina.

Figura 27. Tensiones de Von Mises producidos en el soporte para cilindro extrusor.



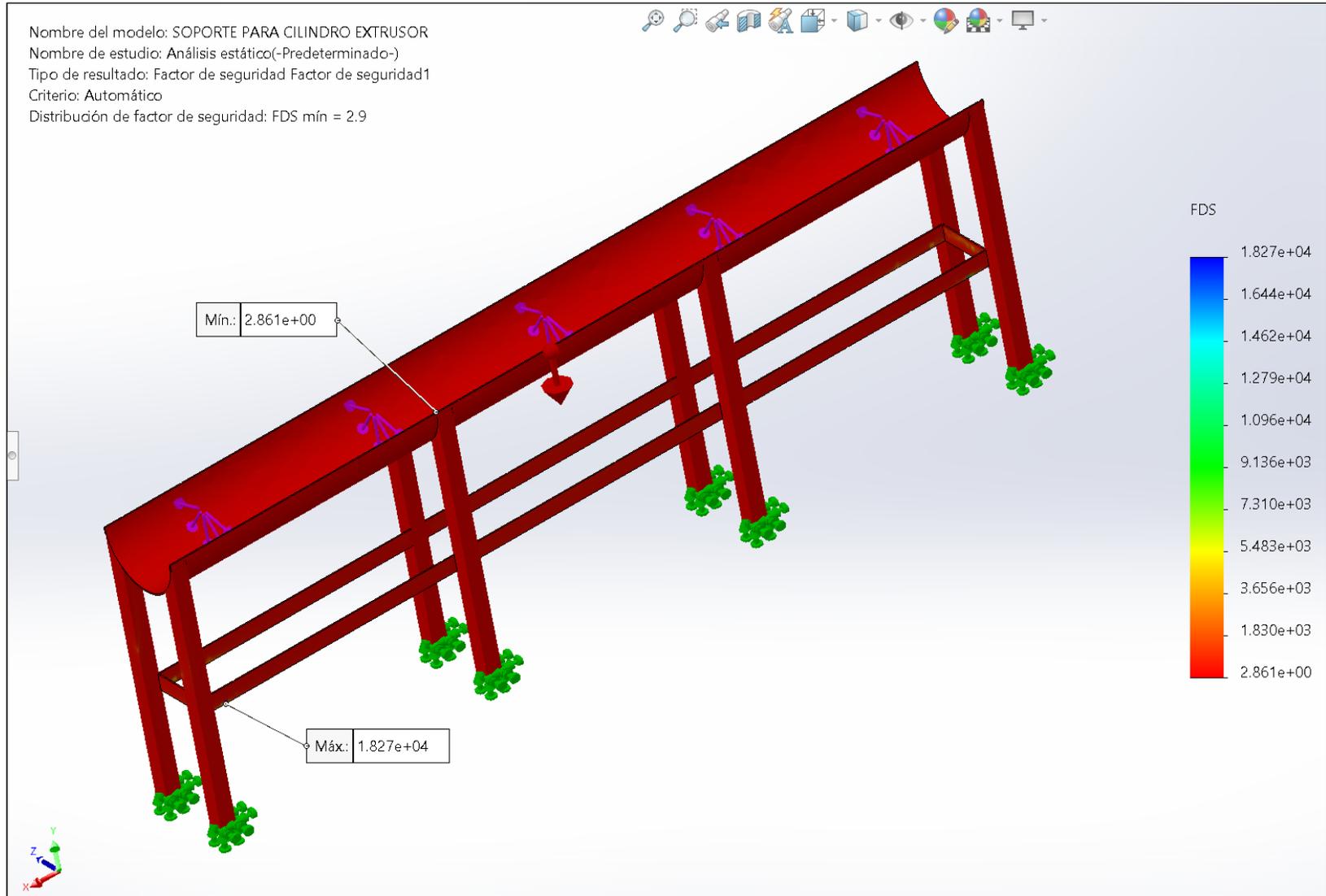
Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 28. Desplazamientos producidos en el soporte para cilindro extrusor.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 29. Factores de seguridad producidos en el soporte para cilindro extrusor.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

El material empleado para modelar el eje para mezclado de arcilla y agua, siendo el acero inoxidable recocido 201 (SS), ya que como se emplea agua, se debe emplear un acero resistente a la corrosión. Al efectuar el análisis estático con el software SolidWorks se obtuvo lo siguiente:

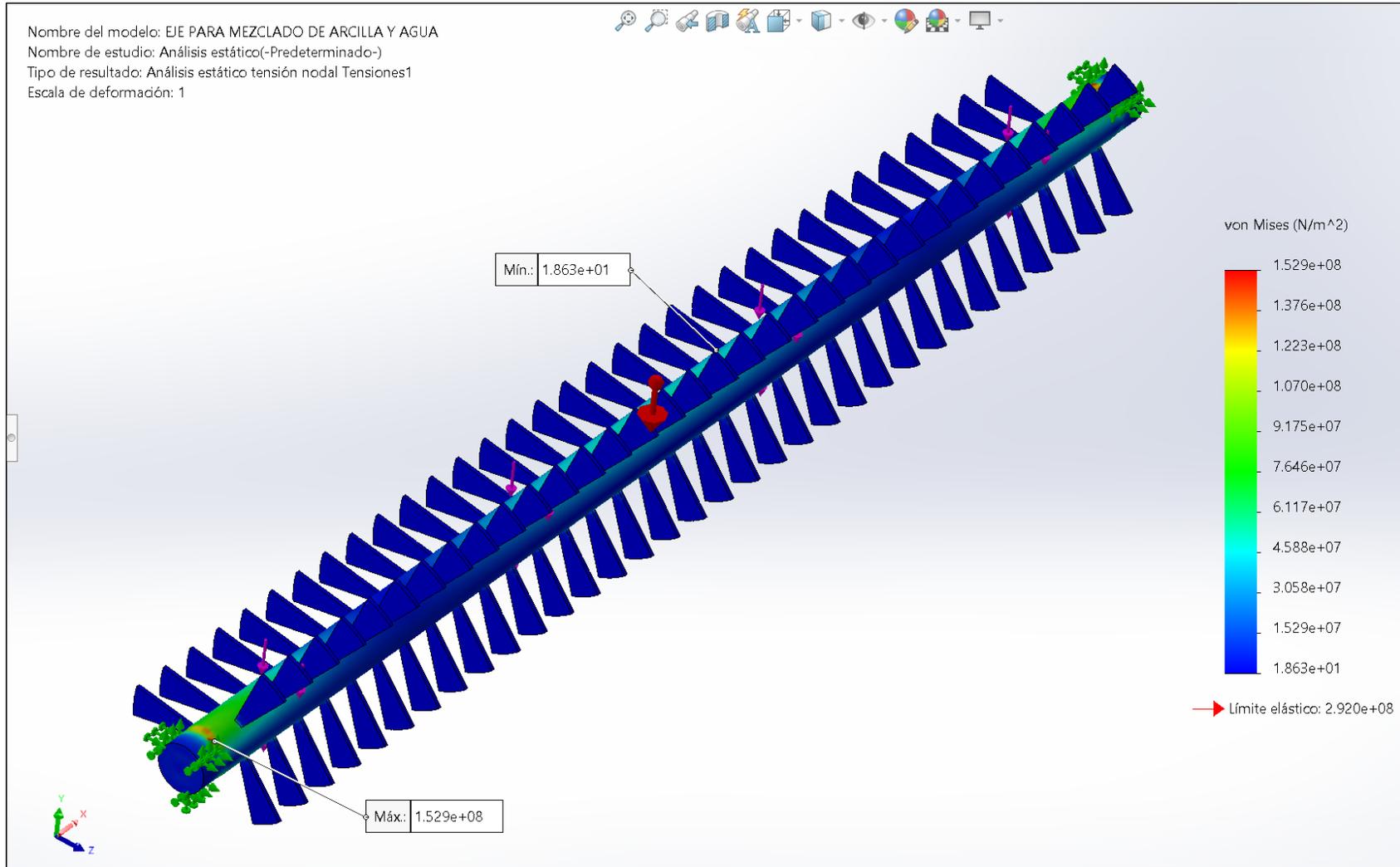
En la Figura 30 se pueden verificar las tensiones de Von Mises generadas, logrando obtener un valor máximo de 152.90 MPa y un mínimo valor de 18.63 Pa, donde el máximo valor se encuentra por debajo del límite elástico del material empleado.

En la Figura 31 se pueden observar los desplazamientos generados, logrando obtener un valor máximo de 0.8495 mm que se produce en el centro.

En la Figura 32 se pueden verificar los factores de seguridad producidos, donde el mínimo valor calculado fue de 1.909 y un máximo valor de 15670000, lo que permite demostrar que el material seleccionado y modelado efectuado es adecuado. En consideración con Juvinal & Marshek (2013), un factor superior a 1.50 es bastante adecuado, permitiendo un dimensionamiento correcto sin generar costos elevados en el diseño de los elementos de máquina.

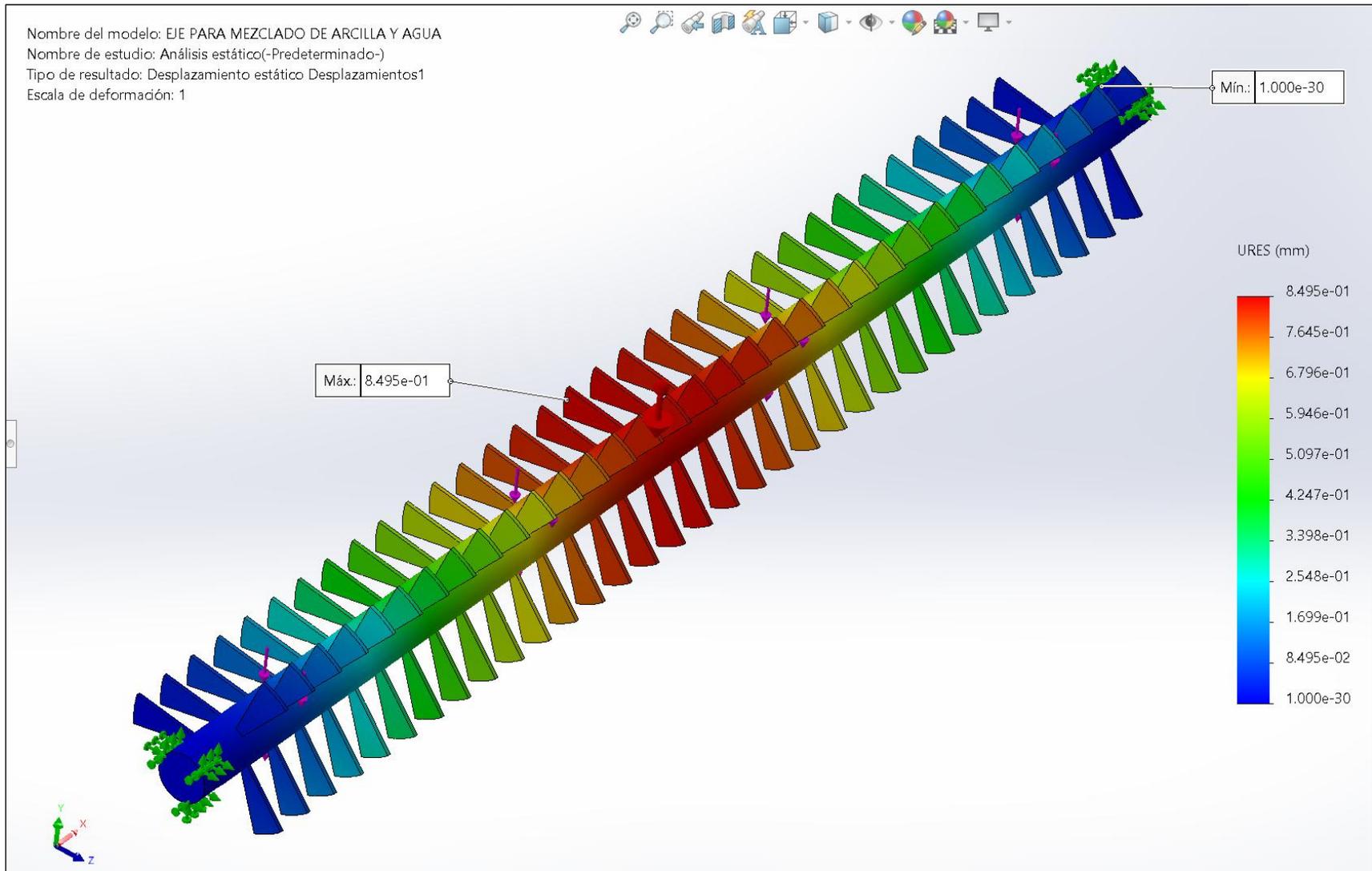
En la Figura 36 se puede ver el ensamblaje de todas las piezas y componentes que forman parte de la máquina extrusora semiautomática moldeadora de ladrillo de arcilla, logrando verificar que todo el modelado es conforme y logra acoplarse cada pieza conforme debe ser.

Figura 30. Tensiones de Von Mises producidas en eje para mezclado de arcilla y agua.



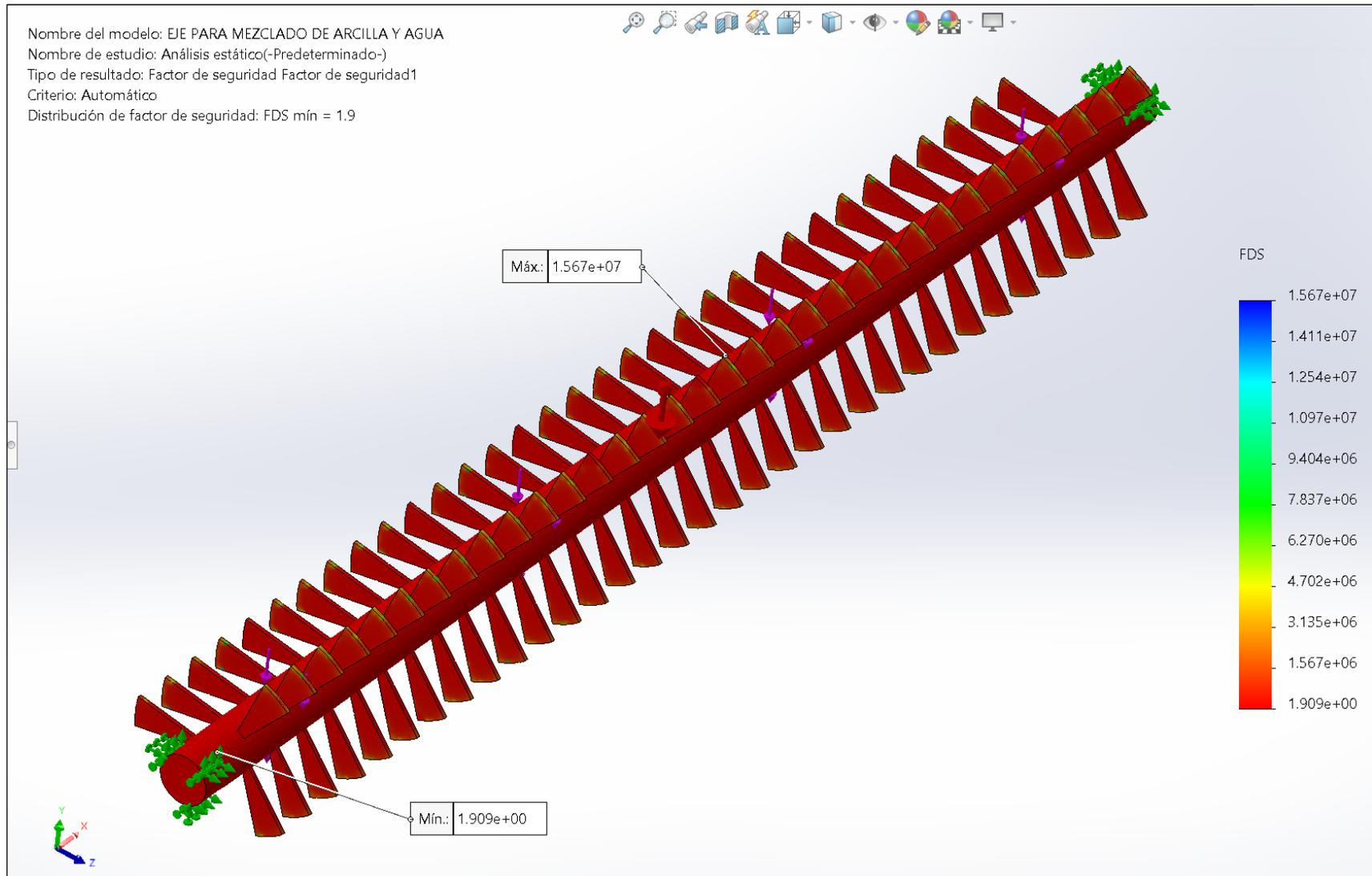
Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 31. Desplazamientos producidos en eje para mezclado de arcilla y agua.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 32. Factores de seguridad producidos en eje para mezclado de arcilla y agua.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

El material empleado para modelar la estructura de soporte para la máquina extrusora fue el acero A36. Al efectuar el análisis estático con el software SolidWorks se obtuvo lo siguiente:

En la Figura 33 se pueden verificar las tensiones de Von Mises generadas, logrando obtener un valor máximo de 92.21 MPa y un mínimo valor de 29.79 kPa, donde el máximo valor se encuentra por debajo del límite elástico del material empleado.

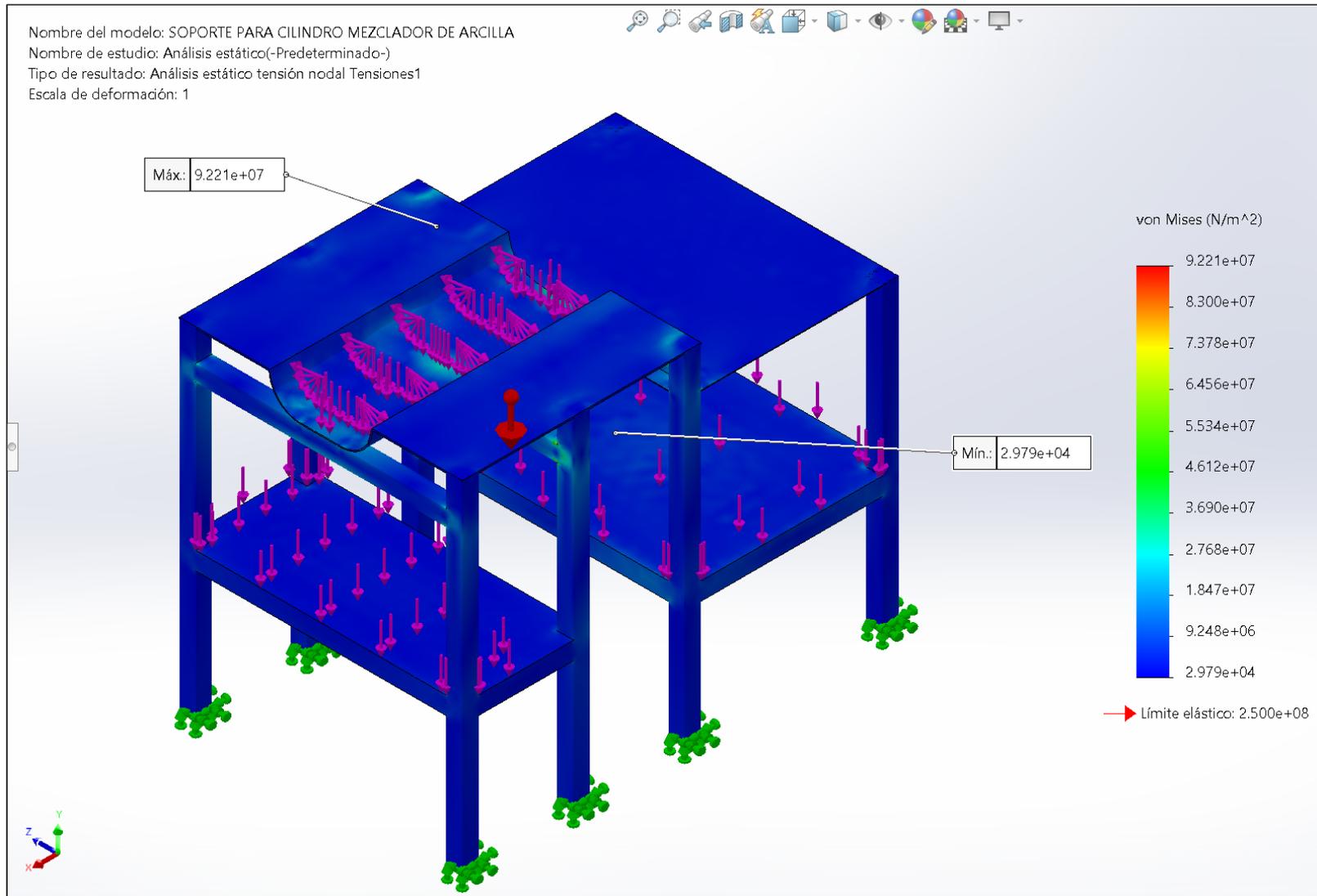
En la Figura 34 se pueden observar los desplazamientos generados, logrando obtener un valor máximo de 0.5001 mm que se produce en el centro donde se localiza el motor de 9.2 kW con un peso de 122 kg.

En la Figura 35 se pueden verificar los factores de seguridad producidos, donde el mínimo valor calculado fue de 2.711 y un máximo valor de 8392, lo que permite demostrar que el material seleccionado y modelado efectuado es adecuado. En consideración con Juvinal & Marshek (2013), un factor superior a 1.50 es bastante adecuado, permitiendo un dimensionamiento correcto sin generar costos elevados en el diseño de los elementos de máquina.

En la Figura 36 se puede ver el ensamblaje de todas las piezas y componentes que forman parte de la máquina extrusora semiautomática moldeadora de ladrillo de arcilla, logrando verificar que todo el modelado es conforme y logra acoplarse cada pieza conforme debe ser.

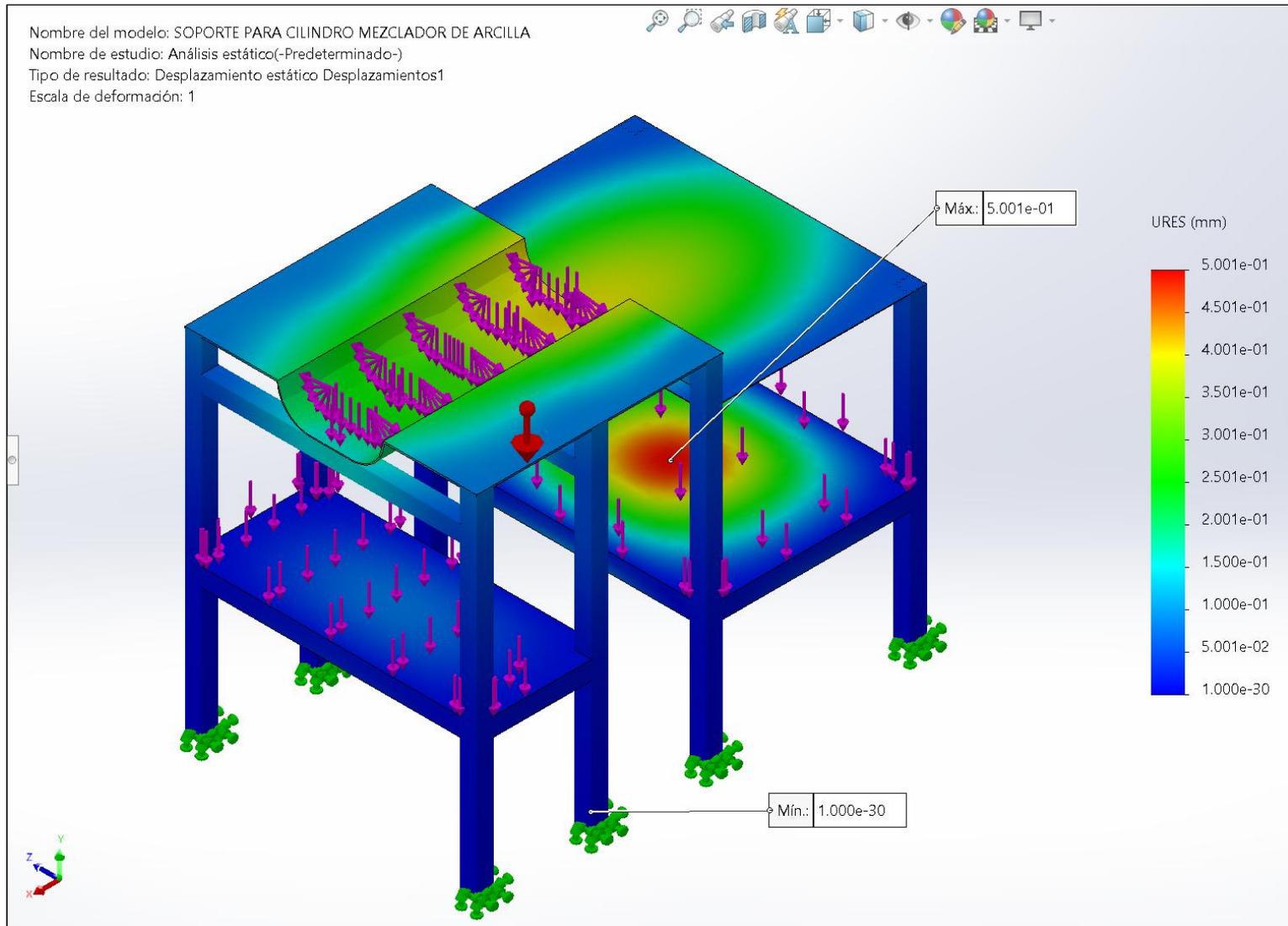
En la Figura 37 se aprecian las vistas respectivas del ensamblaje, para una mejor visualización de como se ha ido modelando y ensamblando cada componente, de modo que sea funcional y no falte ninguna pieza o elemento.

Figura 33. Tensiones de Von Mises producidas en la estructura de soporte del cilindro mezclador de arcilla y agua.



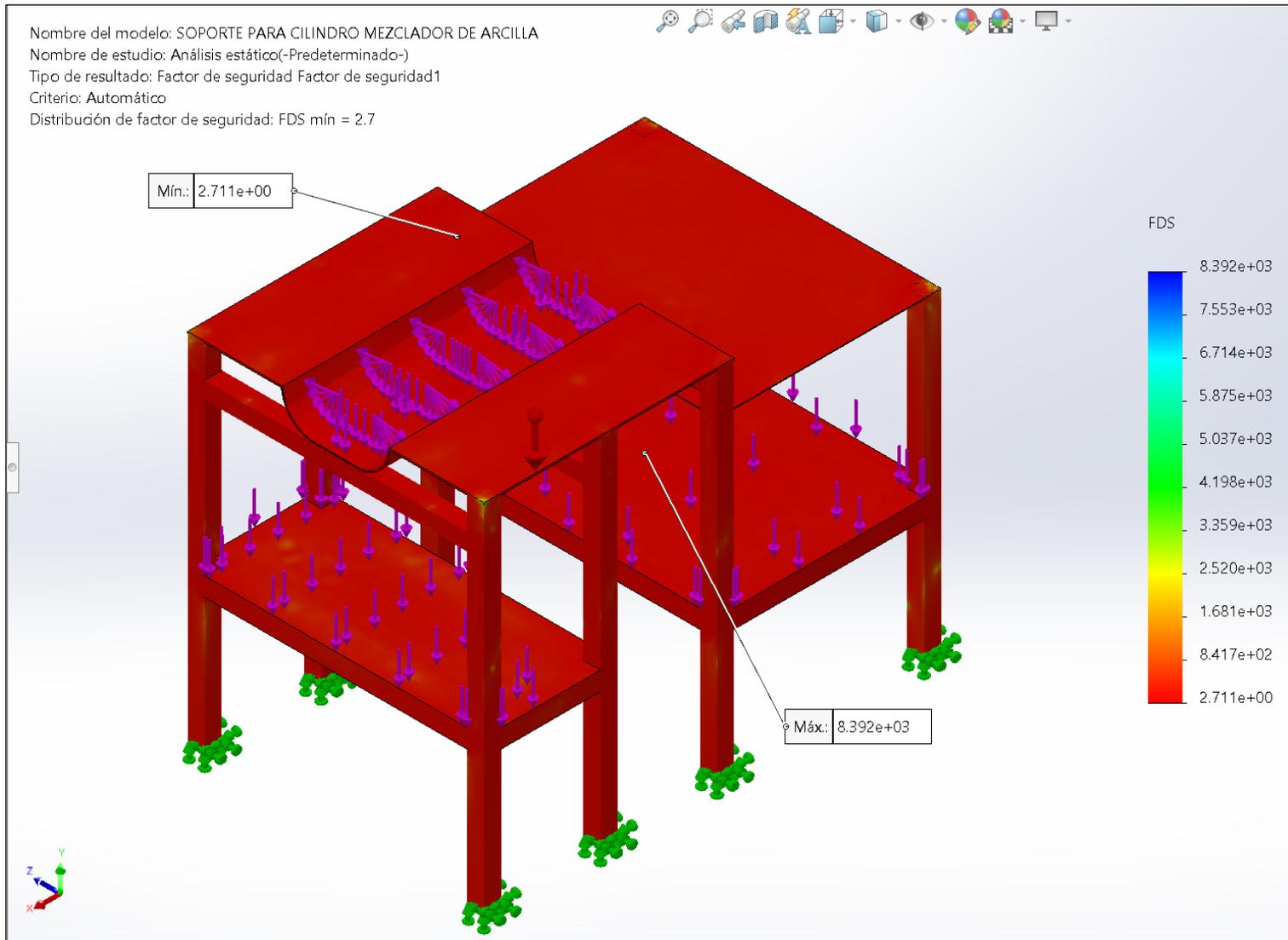
Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 34. Deformaciones producidas en la estructura de soporte del cilindro mezclador de arcilla y agua.



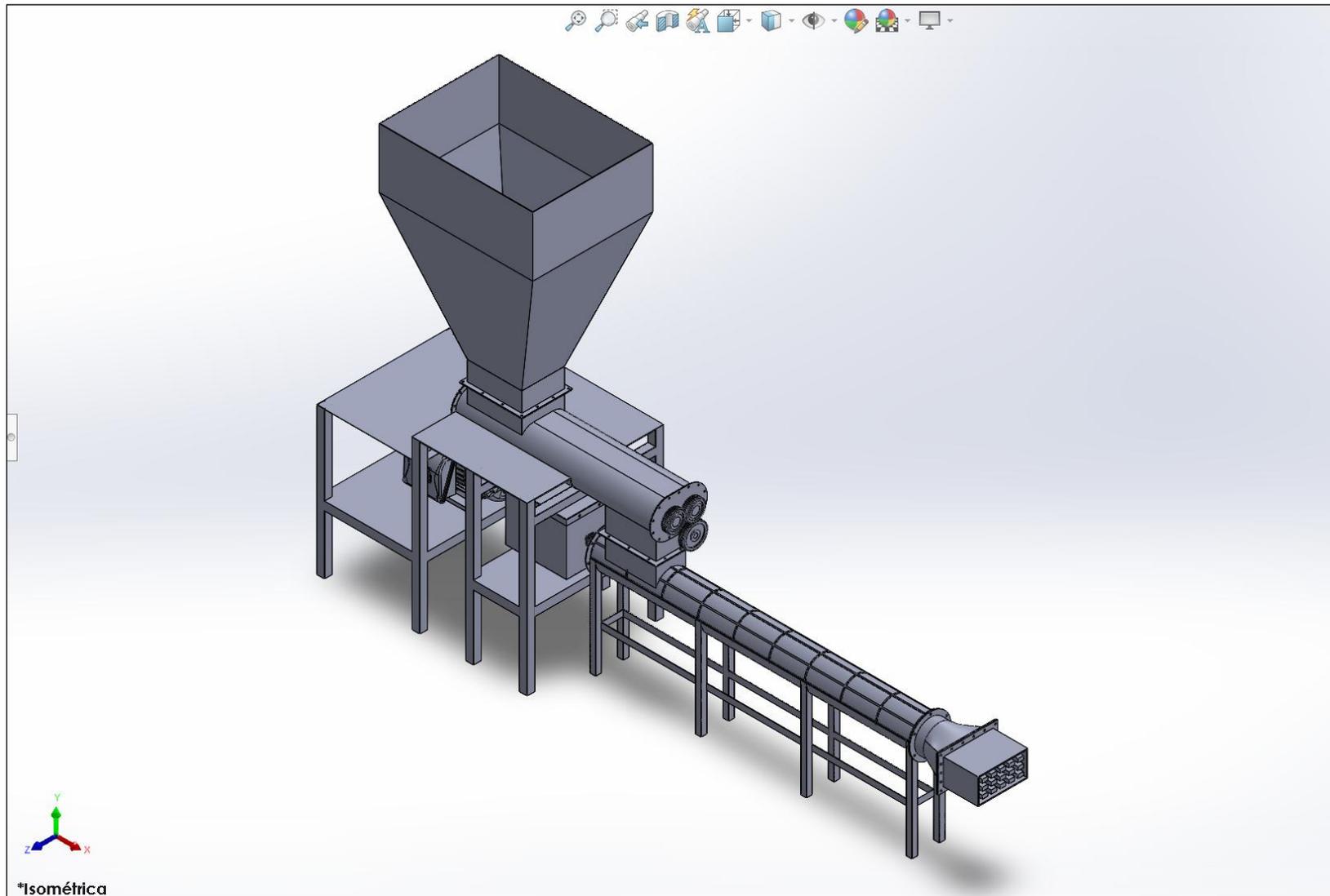
Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 35. Factores de seguridad producidos en la estructura de soporte del cilindro mezclador de arcilla y agua.



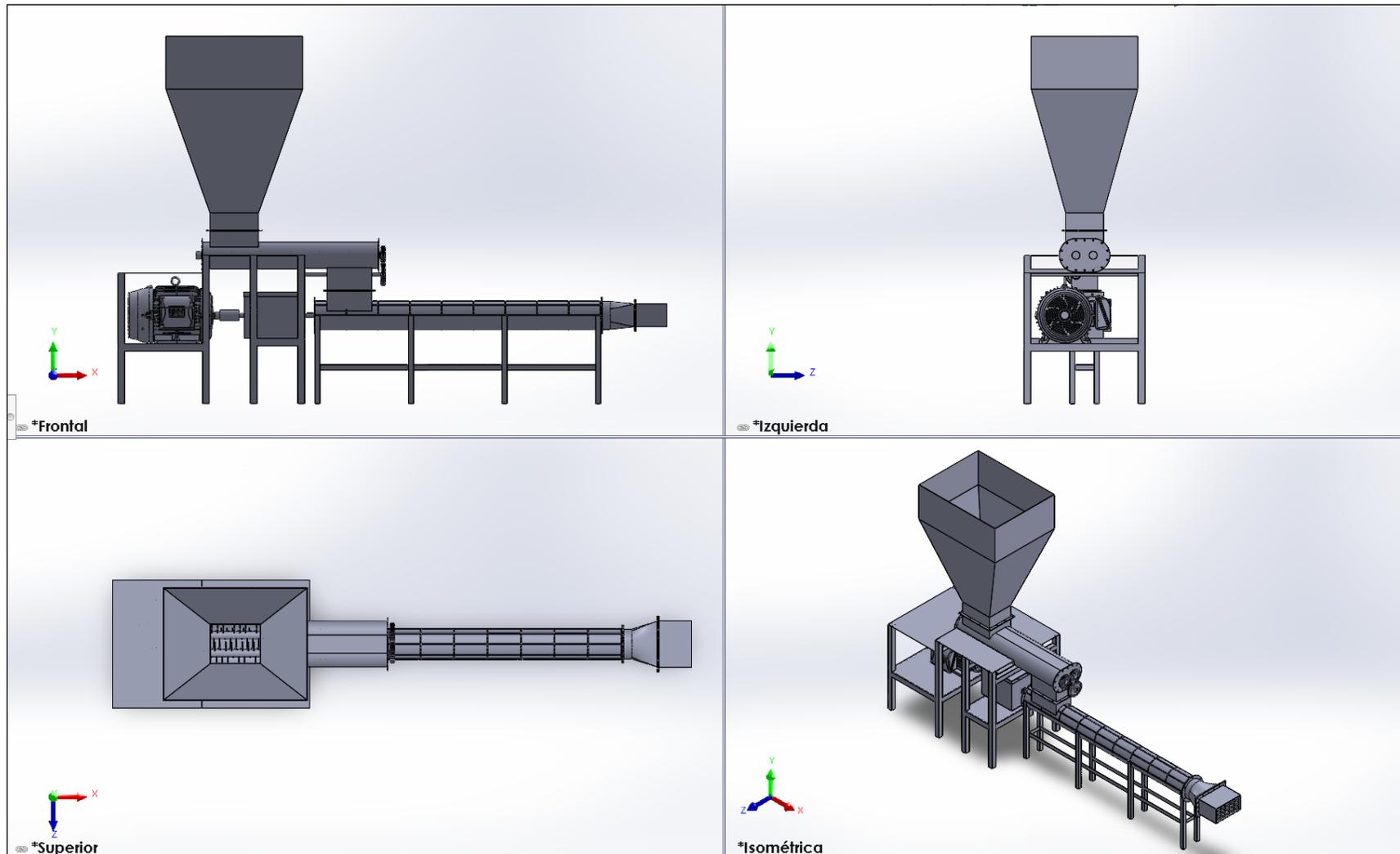
Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Figura 36. *Ensamblaje de máquina extrusora semiautomática moldeadora de ladrillo de arcilla.*



Fuente: *Elaborado con SolidWorks 2021.*

Figura 37. Vistas respectivas del ensamblaje de la máquina extrusora semiautomática moldeadora de ladrillo de arcilla.



Fuente: Elaborado con SolidWorks 2021.

Objetivo 4: Hacer una evaluación económica empleando los indicadores VAN y TIR

El costo de fabricar dicha máquina se detalla en la Tabla 9 a continuación:

Tabla 9. Costo de Equipos y elementos de máquina

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
Motor WEG de 9.2 kW	1	S/. 5190.00	S/. 5190.00
Caja reductora de velocidad con engranajes de dientes rectos	1	S/. 3000.00	S/. 3000.00
Eje extrusor	1	S/. 3700.00	S/. 3700.00
Eje mezclador	2	S/. 4200.00	S/. 8400.00
Estructura base de soporte para cilindro extrusor	1	S/. 2400.00	S/. 2400.00
Estructura base de soporte para cilindro mezclador	1	S/. 4000.00	S/. 4000.00
Catarina para eje extrusor	3	S/. 400.00	S/. 1200.00
Catarina para eje mezclador	1	S/. 350.00	S/. 350.00
Cilindro de eje extrusor	1	S/. 7800.00	S/. 7800.00
Boquilla conectora para molde y cilindro extrusor	1	S/. 1900.00	S/. 1900.00
Eje transmisor a eje mezclador	1	S/. 2100.00	S/. 2100.00
Engranaje para eje mezclador de 51 dientes	2	S/. 740.00	S/. 1480.00
Molde para ladrillo portante	1	S/. 1200.00	S/. 1200.00
Tanque mezclador	1	S/. 4700.00	S/. 4700.00
Tapa para cilindro extrusor	1	S/. 1050.00	S/. 1050.00
Tapa para cilindro mezclador	2	S/. 820.00	S/. 1640.00
Rodamientos SKF	6	S/. 650.00	S/. 3900.00
Tolva de salida de plancha de fierro galvanizado de 2.5 mm de espesor	1	S/. 2500.00	S/. 2500.00
Equipamiento eléctrico + accesorios + tablero	1	S/. 2400.00	S/. 2400.00
<b>COSTO DE MATERIAL TOTAL SIN IGV</b>			<b>S/. 58910.00</b>
<b>IGV (18%)</b>			<b>S/. 10603.80</b>
<b>IMPREVISTOS (15% DE COSTO DE MATERIAL TOTAL INCLUYENDO IGV)</b>			<b>S/. 8836.50</b>
<b>COSTO TOTAL DE EQUIPAMIENTO Y ELEMENTOS DE MÁQUINA</b>			<b>S/. 78350.30</b>

Luego, se calculó el costo por concepto de ensamblaje y pruebas, lo cual se detalla en la Tabla 10:

Tabla 10. *Costo por concepto de ensamblaje y pruebas.*

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
Costo de ensamblaje y pruebas	1	S/. 19500.00	S/. 19500.00

Fuente: Elaboración propia.

El costo total de fabricación, considerando ensamblaje y puesta en servicio se muestra en la Tabla 11:

Tabla 11. *Costo de fabricación total.*

Descripción	Precio total
Costo de Equipos y elementos de máquina	S/. 78350.30
Costo de ensamblaje y pruebas	S/. 19500.00
<b>Costo total de fabricación</b>	<b>S/. 97850.30</b>

Fuente: Elaboración propia.

El costo de fabricación total considerando ensamblaje y puesta en servicio ascendió al valor de S/. 97850.30.

#### *Ingresos por ventas de ladrillo*

El precio unitario competitivo para entrar en el mercado se ha considerado de S/. 0.60 por ladrillo, por lo tanto, el ingreso por ventas anuales fue de:

$$\text{Ingresos anuales} = \text{Costo unitario} \times \text{Ventas anuales}$$

$$\text{Ingresos anuales} = S/. \frac{0.60}{\text{ladrillo}} \times 800 \frac{\text{ladrillos}}{\text{hora}} \times 12 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 320 \frac{\text{días}}{\text{año}}$$

$$\text{Ingresos anuales} = S/. 1843200.00$$

Se obtiene un ingreso por ventas anuales de S/. 1843200.00.

#### *Costo de mano de obra*

La máquina es operada por cuatro operarios, uno encargado de ir abasteciendo a la máquina de la arcilla necesaria por la tolva de alimentación, luego otro operario

encargado de operar la máquina y revisar que todo vaya de la mejor manera posible, un operario más para poder ir acomodando los ladrillos en el horno para su posterior proceso de cocción, finalmente, otro operario adicional para poder ir acomodando en el almacén todos los ladrillos ya listos y disponibles para su posterior despacho. Los costos de mano de obra se detallan en la Tabla 12:

Tabla 12. *Mano de obra.*

Descripción	Cantidad	Salario	Meses	Salario anual
Abastecedor	1	S/. 2500.00	12+2	S/. 35000.00
Operario de máquina	1	S/. 2500.00	12+2	S/. 35000.00
Acomodador	1	S/. 2500.00	12+2	S/. 35000.00
Almacenero	1	S/. 2500.00	12+2	S/. 35000.00
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>S/. 10000.00</b>	<b>12+2</b>	<b>S/. 140000.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### *Costo por consumo de energía*

La máquina posee un motor con una capacidad de 9.2 kW, considerando un tipo de tarifa BT5B por ser ladrilleras pequeñas, entonces se obtuvo un costo por consumo de energía siguiente:

$$\text{Costo de energía anual} = 9.2 \text{ kW} \times 12 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 320 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times \frac{\text{S}/.0.7049}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo de energía anual} = \text{S}/. 24902.71$$

#### *Costo por compra de materia prima*

El precio por kg de arcilla es de S/. 0.20 al por mayor, por lo tanto, el costo de comprar la materia prima para todo un año es de:

$$\text{Costo materia prima anual} = \frac{\text{S}/.0.20}{\text{kg}} \times \frac{0.5184 \text{ kg}}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} \times \frac{12 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \times \frac{320 \text{ días}}{\text{año}}$$

$$\text{Costo materia prima anual} = \text{S}/. 1433272.32$$

El análisis completo se puede apreciar en la Tabla 13:

Tabla 13. *Análisis de indicadores de rentabilidad.*

<b>Año</b>	<b>Inversión</b>	<b>Ventas totales</b>	<b>O&amp;M</b>	<b>Costo de energía</b>	<b>Materia prima</b>	<b>Ingreso Bruto</b>	<b>Impuesto a la Renta</b>	<b>Ingreso Neto</b>	<b>Ingreso Neto Actualizado</b>
0	-S/.97,850.30							-S/.97,850.30	
1		S/.1,843,200.00	S/.147,835.03	S/.24,902.71	S/.1,433,272.32	S/. 237,189.94	S/. 71,156.98	S/. 159,647.08	S/. 145,133.70
2		S/.1,843,200.00	S/.147,835.03	S/.24,902.71	S/.1,433,272.32	S/. 237,189.94	S/. 71,156.98	S/. 153,506.80	S/. 126,865.13
3		S/.1,843,200.00	S/.147,835.03	S/.24,902.71	S/.1,433,272.32	S/. 237,189.94	S/. 71,156.98	S/. 147,602.70	S/. 110,896.09
4		S/.1,843,200.00	S/.147,835.03	S/.24,902.71	S/.1,433,272.32	S/. 237,189.94	S/. 71,156.98	S/. 141,925.67	S/. 96,937.14
5		S/.1,843,200.00	S/.147,835.03	S/.24,902.71	S/.1,433,272.32	S/. 237,189.94	S/. 71,156.98	S/. 136,466.99	S/. 184,735.26

Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores de rentabilidad se muestran en la Tabla 14:

Tabla 14. *Indicadores de rentabilidad*

<b>Evaluación de los indicadores de rentabilidad</b>	
Inversión	<b>- S/. 97850.30</b>
Ingreso total neto actualizado	S/. 564567.32
<b>VAN (5 años)</b>	<b>S/. 466717.02</b>
<b>TIR</b>	<b>158.14%</b>
<b>Tasa de descuento</b>	<b>10%</b>
<b>Inflación</b>	<b>4%</b>
<b><math>t_r</math> (años)</b>	<b>0.67 años</b>

Fuente: Elaboración propia.

De los indicadores de rentabilidad, considerando un horizonte de análisis de 5 años, se obtuvo un VAN de S/. 466,717.02, con una TIR de 158.14% y un tiempo de retorno de la inversión de 0.67 años o aproximadamente de 8 meses.

#### IV. DISCUSIÓN

Con relación al primer objetivo sobre el proceso de moldeado de ladrillo, se encontró que tuvo varias deficiencias, donde la producción presentaba un 10% del total con defectos como deformaciones y fisuras, que adicional a ello, el 20% de la producción total no cumplía con los requisitos solicitados por la normativa vigente. Dichos resultados concuerdan con Konan et al. (2022), ya que utilizaron un método de pretratamiento de biomasa lignocelulósica en un proceso de extrusión para mejorar las propiedades del producto final, ya que encontraron que la resistencia del producto antes del proceso de extrusión propuesto, era baja en comparación con la obtenida posteriormente. De igual modo, los resultados concuerdan con los de Rúa et al. (2021), porque utilizaron un proceso de extrusión para obtener impresiones de calidad, ya que con otros métodos, la calidad no era adecuada, pero que con el proceso de extrusión propuesto lograron una mejora significativa en su calidad, como resistencia, plasticidad y otros parámetros.

Tomando en cuenta los parámetros para el diseño de la máquina extrusora semiautomática de ladrillo, se obtuvo que la producción debe ser de 800 ladrillos por hora, las medidas del ladrillo portante fueron de 240mmx115mmx53mm, con una velocidad de extrusión de 0.25 m/s, la presión de extrusión debe ser de 10 MPa y el voltaje del sistema eléctrico debe ser 380V trifásico. Dichos parámetros tienen coherencia con el estudio de Vergnes (2019), ya que emplearon la influencia de las condiciones de procesamiento en la preparación de nanocompuestos a base de arcilla mediante extrusión de tornillo doble, demostrando que entre los parámetros más importantes para el diseño adecuado se debe tener en cuenta a la velocidad del tornillo que ronda entre 0.20 a 0.25 m/s, velocidad de alimentación, temperatura del cilindro, perfil del tornillo, para un estado adecuado en la dispersión de la arcilla a micro y nano escala. Cabe indicar, que los resultados difieren en comparación con los obtenidos en el estudio de Chen et al. (2019), ya que la velocidad de la presión de extrusión fue de 0.25 mm/s donde emplearon un tipo pistón, lo cual se debió a que la máquina era más pequeña y presentaba distinta configuración con relación a la diseñada en el presente

estudio, además de que era para una escala mucho mejor, es decir, una producción mucho más baja. Adicionalmente, los resultados tuvieron concordancia con los de Pitayachaval & Watcharamaisakul (2019), quienes diseñaron una máquina extrusora de doble tornillo corrotativa para chocolate, tomando en cuenta que los parámetros más importantes para el adecuado diseño de la máquina extrusor son la velocidad de alimentación de la extrusora, la velocidad del extrusor que similar a la empleada en la investigación de 0.20 m/s, carga o potencia del motor y presión de extrusión. De igual modo, la investigación concuerda con el estudio efectuado por Paramitha et al. (2020) ya que lograron demostrar que se obtiene una mejora en las propiedades mecánicas del producto, como módulo de Young, resistencia a la tracción y el alargamiento a la rotura, demostrando que utilizar una máquina para el proceso de extrusión permite obtener mejoras bastante significativas.

Los componentes electromecánicos de la máquina extrusora fueron una caja reductora de velocidad con engranajes de dientes rectos, rodamientos, un eje extrusor de 65 mm de diámetro, una camisa o cilindro para el proceso de extrusión que soporte los 10 MPa de presión, ejes mezcladores de 45 mm de diámetro para arcilla y agua, un motor eléctrico de 9.2 kW, estructuras de soporte, moldes para el ladrillo portante y equipamiento eléctrico para el sistema semiautomático, además de que el software SolidWorks determinó que los materiales y medidas empleadas fueron adecuadas, con factores de seguridad por encima de 1.50 y que las deformaciones son mínimas. Dichos valores concuerdan con Rúa et al. (2021), que, aunque emplearon el software ANSYS WORKBENCH, los análisis de tensiones, deformaciones y factores de seguridad permitieron diseñar adecuadamente cada pieza y componente de la máquina extrusora, mediante la aplicación del Método de Elementos Finitos, así como lo realizó el software SolidWorks 2021 empleado en la presente investigación. La investigación también tuvo concordancia con el estudio realizado por Espinel et al. (2019), ya que realizaron el análisis de la falla en una boquilla extrusora utilizada para la elaboración de bloques H-10 para verificar si el material de la boquilla es el adecuado en consideración con las características físico químicas de la arcilla, logrando obtener la información solicitada mediante el uso de ingeniería forense, demostrando que el

material fue adecuadamente seleccionado además de las medidas, ya que el software empleado mostró que los resultados de esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad fueron correctos, superando las expectativas, es decir, los esfuerzos fueron inferiores al límite de fluencia, las deformaciones fueron bastante pequeñas, casi imperceptibles a la vista y los factores de seguridad fueron superiores a 2.

Finalmente, la inversión para implementar la máquina extrusora semiautomática de ladrillo fue de S/. 97850.30, y los indicadores de rentabilidad obtenidos fue un VAN de S/. 466,717.02, con una tasa interna de retorno de 158.14% y un periodo para recuperar la inversión de 0.67 años, demostrando que la propuesta es viable en términos técnicos y económicos. Los resultados concuerdan con los de Oral & Birgül (2021), ya que al efectuar su análisis de rentabilidad al proyecto propuesto, lograron obtener un presupuesto bajo pero una alta rentabilidad, demostrando que el uso de un proceso de extrusión permite mejorar las utilidades y que la inversión se recupera en el corto plazo, siendo bastante positivo para cualquier empresa.

Con respecto a la teoría de la automatización en la industria ladrillera, se logró determinar que implementar una máquina automatizada para la producción de ladrillos permite una mejora en el rendimiento y la calidad del producto final, como lo indicó Liu et al. (2022).

En consideración con Abbas et al. (2021), respecto a la teoría de la calidad en la producción de ladrillos, se relaciona de forma estrecha la calidad del producto final con los métodos de producción y fabricación empleados, como es el caso del uso de una máquina extrusora, que permite la mejora de varios parámetros del producto final de ladrillo, como un incremento en la resistencia, mínimo error en las medidas requeridas y una mejor absorción de agua al momento de ser utilizados en la etapa de construcción.

Cabe indicar que el proyecto es altamente rentable, porque se obtuvo un Valor Actual Neto mayor a cero, una Tasa Interna de Retorno de la inversión superior a la tasa de descuento y un tiempo para recuperar la inversión de casi 1 año, siendo de corto plazo, que de acuerdo con Knauer et al. (2020), un proyecto es rentable de acuerdo con lo

anteriormente mencionado.

De acuerdo con Johadi et al. (2021), quienes argumentaron que el análisis de rentabilidad es importante y imprescindible para la evaluación del rendimiento de una inversión y comparar diferentes opciones en el tiempo, donde se toma en cuenta ciertos parámetros como el tiempo que dura el proyecto, la tasa de descuento, la inflación para un análisis más cercano a la realidad, donde los indicadores de rentabilidad permiten tomar decisiones financieras adecuadas, permitiendo minimizar los riesgos asociados a las inversiones. De igual manera, Yu & Wang (2021) mencionaron que examinar el impacto económico de la implementación de la máquina extrusora semiautomática en la fábrica ladrilla, mediante la evaluación de aspectos como el presupuesto inicial o inversión de la máquina, además de los costos operativos y los beneficios económicos derivados de la mejora en la calidad del producto y la eficiencia en la producción, tomando en cuenta otros aspectos como los ingresos generados por las ventas del producto, costos de operación y mantenimiento, costos de materia prima, costo de consumo de energía eléctrica entre otros.

## V. CONCLUSIONES

- El proceso de moldeado en la fábrica de ladrillo presentó ciertas deficiencias en la producción, obteniendo aproximadamente un 10% del total de producción de ladrillos con defectos como fisuras y deformaciones, además de que un 20% no cumple con los requisitos solicitados por la norma.
- Entre los parámetros obtenidos para el diseño de la máquina extrusora semiautomática de ladrillo, se obtuvo que la producción debe ser de 800 ladrillos por hora, las medidas del ladrillo portante fueron de 240mmx115mmx53mm, con una velocidad de extrusión de 0.25 m/s, la presión de extrusión debe ser de 10 MPa y el voltaje del sistema eléctrico debe ser 380V trifásico.
- Entre los componentes electromecánicos de la máquina extrusora, se seleccionó una caja reductora de velocidad con engranajes de dientes rectos, rodamientos, un eje extrusor de 65 mm de diámetro, una camisa o cilindro para el proceso de extrusión que soporte los 10 MPa de presión, ejes mezcladores de 45 mm de diámetro para arcilla y agua, un motor eléctrico de 9.2 kW, estructuras de soporte, moldes para el ladrillo portante y equipamiento eléctrico para el sistema semiautomático, además de que el software SolidWorks pudo determinar que los materiales y medidas empleadas fueron adecuadas, obteniendo factores de seguridad por encima de 1.50, y que las deformaciones son mínimas, casi imperceptibles a la vista.
- El presupuesto para implementar la máquina extrusora semiautomática de ladrillo es de S/. 97850.30 y al efectuar el respectivo análisis de los indicadores de rentabilidad, se obtuvo un VAN de S/. 466717.02, con una tasa interna de retorno de 158.14% y un periodo para recuperar la inversión de 0.67 años, demostrando que la propuesta es viable en términos técnicos y económicos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda efectuar siempre un análisis del estado actual de la empresa, incluyendo temas de oferta y demanda, para determinar si se debe incrementar la producción y cada que tiempo es factible.
- Se recomienda tener en cuenta parámetros que permitan no sobredimensionar la máquina, es decir, que se encuentren en un promedio o algo menos del rango establecido.
- Se recomienda emplear algún otro tipo de software de diseño mecánico CAD/CAE para realizar una comparativa sobre los esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad obtenidos.
- Se debe tomar en cuenta la inflación en cada análisis de rentabilidad, ya que permite simular de forma más precisa y real de cómo podría darse los flujos de efectivo en el proyecto, considerando que tiene variación año tras año.

## REFERENCIAS

- ABBAS, A., et al. (2021). Assessment of long-term energy and environmental impacts of the cleaner technologies for brick production. *Energy Reports*, 7, 7157-7169. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.10.072>
- ABBASS, W., et al. (2022). Manufacturing of Sustainable Untreated Coal Ash Masonry Units for Structural Applications. *Materials*, 12(20), 1-21. <https://doi.org/10.3390/app122010669>
- ABEYKOON, C. (2022). Sensing technologies for process monitoring in polymer extrusion: A comprehensive review on past, present and future aspects. *Measurement: Sensors*, 22(100381), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100381>
- ALMSSAD, A., ALMUSAED, A., & HOMOD, R. Z. (2022). Masonry in the Context of Sustainable Buildings: A Review of the Brick Role in Architecture. *Sustainability*, 14(22), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su142214734>
- AN, J., LI, Y., & MIDDLETON, R. S. (2018). Reducing energy consumption and carbon emissions of magnesia refractory products: A life-cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 182, 363-371. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.266>
- ANGADI, G., et al. (2020). Study of Mechanical and Moisture Absorption Behavior of Epoxy/Cloisite-15A Nanocomposites Processed Using Twin Screw Extruder. *International Polymer Processing*, 35(3), 242-256. <https://doi.org/10.3139/217.3875>
- ANIYIKAIYE, T. E., et al. (2021). Traditional Brick Making, Environmental and Socio-Economic Impacts: A Case Study of Vhembe District, South Africa. *Sustainability*, 13(10659), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su131910659>
- CHEN, Y., et al. (2019). The Effect of viscosity-modifying admixture on the extrudability of limestone and calcined clay-based cementitious material for extrusion-based 3D concrete printing. *Materials*, 12(1374), 1-16.

<https://doi.org/10.3390/ma12091374>

CUAYLA FALCON, F. K. (2022). *Comparación de las propiedades físico - mecánicas de ladrillos ecológicos artesanales y ladrillos de arcilla para techo en losas aligeradas - Moquegua 2022*. Repositorio de la Universidad César Vallejo.

DIAO, I., DIAGNE, M., & DIA, I. (2021). Characterization of Fired Clay Bricks for an Economic Contribution of the Exploitation of Thick Clay Deposit. *Materials Sciences and Applications*, 12(9), 389-416.  
<https://doi.org/10.4236/msa.2021.129027>

EIL, A., LI, J., BARAL, P., & SAIKAWA, E. (2020). Dirty Stacks, High Stakes An Overview of Brick Sector in South Asia. *World Bank Group*.  
<https://doi.org/10.1596/33727>

ESPINEL BLANCO, E., et al. (2019). Failure analysis of the clay extruder nozzle Souza MSL-320 of Ladrillera Ocaña. *Engineering Failure Analysis*, 105, 1093-1106.  
<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.07.039>

GENCEL, O., et al. (2020). Effects of concrete waste on characteristics of structural fired clay bricks. *Construction and Building Materials*, 255, 1-12.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119362>

GHIMIRE, S. (2022). Sustainability of autoclaved areated concrete blocks over burnt clay brick. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 6(12), 293-298.

GUPTA, V., et al. (2020). A state of the art review to enhance the industrial scale waste utilization in sustainable unfired bricks. *Construction and Building Materials*, 254, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119220>

HÄNDLE, F. (2007). *Extrusion in Ceramics*. Springer.

ISLAN, K., MOTOSHITA, M., & MURAKAMI, S. (2023). Environmental Sustainability of Bricks in an Emerging Economy: Current Environmental Hotspots and Mitigation Potentials for the Future. *Sustainability*, 15(6), 1-17.  
<https://doi.org/10.3390/su15065228>

- JIHADI, M., HASHEMI, S. M., & BACHTIAR, Y. (2021). The Effect of Liquidity, Leverage, and Profitability on Firm Value: Empirical Evidence from Indonesia. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*, 8(3), 423-431. <https://doi.org/10.13106/jafeb.2021.vol8.no3.0423>
- JUVINALL, R. C., & MARSHEK, K. M. (2013). *Diseño de elementos de máquina*. LIMUSA México. <https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/78900>
- KHALIQUZZAMAN, M., et al. (2020). Thirty Years' Quest for Emission Reduction and Energy Efficiency Improvement of Brick Kilns in Bangladesh. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 8(1), 11-22. <https://doi.org/10.11648/j.ijema.20200801.12>
- KIZINIEVIČ, O., et al. (2018). Eco-friendly fired clay brick manufactured with agricultural solid waste. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 18(4), 1156-1165. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2018.03.003>
- KNAUER, T., NIKIFOROW, N., & WAGENER, S. (2020). Determinants of information system quality and data quality in management accounting. *Journal of Management Control*, 31, 97-121. <https://doi.org/10.1007/s00187-020-00296-y>
- KONAN, D., et al. (2022). An Overview of Extrusion as a Pretreatment Method of Lignocellulosic Biomass. *Energies*, 15(3002), 1-25. <https://doi.org/10.3390/en15093002>
- LI, B., et al. (2022). Constructing Flexible All-Solid-State Supercapacitors from 3D Nanosheets Active Bricks via 3D Manufacturing Technology: A Perspective Review. *Advanced Functional Materials*, 32(29). <https://doi.org/10.1002/adfm.202201166>
- LI, J., LI, Q., & WEI, X. (2020). Financial literacy, household portfolio choice and investment return. *Pacific-Basin Finance Journal*, 62, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2020.101370>
- LIU, K., et al. (2022). Review on the Developments of Structure, Construction Automation, and Monitoring of Intelligent Construction. *Buildings*, 12(11), 1-13.

<https://doi.org/10.3390/buildings12111890>

MANAN, A., et al. (2019). *Design and development of extrusion machine*. Repository of University of Engineering and Technology.

MAZUR, K., et al. (2020). Green high density polyethylene (HDPE) reinforced with basalt fiber and agricultural fillers for technical applications. *Composites Part B: Engineering*, 202(108399), 1-9.  
<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108399>

MEHTA, N., et al. (2021). Exploring perceptions of environmental professionals, plastic processors, students and consumers of bio-based plastics: Informing the development of the sector. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 574-587. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.015>

NIETO-YALI, C. L., et al. (2023). Design of a Semi-Automatic Hydraulic Extruder Machine for the Manufacture of Pastry Bricks Using VDI 2221. *E3S Web of Conferences*, 465, 1-7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346501016>

ORAL, H. (2023). The Digital Tool Development by Formalizing the Making with Manual Clay Extruder. *Computer Aided Design & Applications*, 20(2), 213-224.  
<https://doi.org/10.14733/cadaps.2023.213-224>

ORAL, H., & BIRGÜL ÇOLAKOĞLU, M. (2021). The reconfiguration of tool parameters in clay extruder. *Digital fabrication and robotics*, 2, 161-170.  
<https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2021.2.161>

OZTURK, S., et al. (2019). Influence of tea waste concentration in the physical, mechanical and thermal properties of brick clay mixtures. *Construction and Building Materials*, 217, 592-599.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.114>

PARAMITHA, T., et al. (2020). Properties of clays reinforced PLA nanocomposites by melt extrusion technique. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 16(4), 453-457.

PAXI MAMANI, H. E. (2022). *Evaluación de la calidad de los ladrillos artesanales y*

*mecanizados en el distrito de San Jerónimo-Cusco, 2022*. Repositorio de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

- PITAYACHAVAL, P., & WATCHARAMAISAKUL, P. (2019). A review of a machine design of chocolate extrusion based co-rotating twin screw extruder. *International Conference on Informatics, Technology and Engineering*, 703(012012), 1-7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/703/1/012012>
- RAHMAN, A. M. (2022). CO2 Emission from Brickfields in Bangladesh: Can Ethical Responsibility by Doing Reduce Level of Emission? *Athens Journal of Social Sciences*, 9(3), 255-272. <https://doi.org/10.30958/ajss.9-3-3>
- RAMOS HUARACHI, D. A., et al. (2020). Life cycle assessment of traditional and alternative bricks: A review. *Environmental Impact Assessment Review*, 80, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106335>
- RAUF, A., et al. (2022). Prospects towards sustainability: A comparative study to evaluate the environmental performance of brick making kilns in Pakistan. *Environmental Impact Assessment Review*, 94, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106746>
- RÚA RAMÍREZ, E., et al. (2021). Design of a clay extrusión system for low cost 3D printing. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 16(12), 1235-1239.
- RUGGERIO, C. A. (2021). Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. *Science of The Total Environment*, 786, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147481>
- UNNI, A., & ANJALI, G. (2022). Cost-benefit analysis of conventional and modern building materials for sustainable development of social housing. *Materials Today: Proceedings*, 51(3), 1649-1657. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.113>
- VERGNES, B. (2019). Influence of Processing Conditions on the Preparation of Clay-Based Nanocomposites by Twin-Screw Extrusion. *Intern. Polymer Processing*, 5, 482-501.

- VIJAYAN, D. S., et al. (2021). Evaluation of the impact of thermal performance on various building bricks and blocks: A review. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101577>
- VIZARRETA VILLANUEVA, R. (2022). *Comparación de ladrillo artesanal en sus propiedades físico - mecánicas en el distrito de Juliaca - Puno, 2021*. Repositorio de la Universidad César Vallejo.
- WEN, Q., et al. (2020). Spillover effect of technological innovation on CO2 emissions in China's construction industry. *Building and Environment*, 171, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106653>
- XIE, Y., et al. (2022). Green construction supply chain management: Integrating governmental intervention and public-private partnerships through ecological modernisation. *Journal of Cleaner Production*, 331, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129986>
- YARAS, A. (2020). Combined effects of paper mill sludge and carbonation sludge on characteristics of fired clay bricks. *Construction and Building Materials*, 249, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118722>
- YU, X., & WANG, P. (2021). Economic effects analysis of environmental regulation policy in the process of industrial structure upgrading: Evidence from Chinese provincial panel data. *Science of The Total Environment*, 753, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142004>
- YUAN, X., et al. (2018). Environmental and economic impacts assessment of concrete pavement brick and permeable brick production process - A case study in China. *Journal of Cleaner Production*, 171, 198-208. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.037>
- ZUMENTE, I., & BISTROVA, J. (2021). ESG Importance for Long-Term Shareholder Value Creation: Literature vs. Practice. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(2), 1-13. <https://doi.org/10.3390/joitmc7020127>

## ANEXOS

### Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables o tabla de categorización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variables Independiente:  Máquina Extrusora Semiautomática	Es un equipo utilizado en la industria de fabricación de ladrillos que emplea arcilla como materia prima para producir ladrillos mediante un proceso de extrusión. Este tipo de máquina se caracteriza por combinar procesos automáticos y manuales, donde la arcilla es alimentada a través de un mecanismo de extrusión que la moldea en la forma deseada de ladrillo, antes de ser cortada y secada para su posterior uso en la construcción (Nieto-Yali et al., 2023).	Incluye aspectos específicos como la capacidad de alimentación de arcilla por parte del operador, el proceso de extrusión controlado por sistemas automáticos, el corte preciso de los ladrillos y la capacidad de secado integrada en la máquina. Se caracteriza por su capacidad para alimentar arcilla de manera continua, formar ladrillos mediante un proceso de extrusión automatizado y realizar cortes precisos para obtener productos de calidad.	Parámetros iniciales de diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de producción</li> <li>- Densidad de la arcilla</li> <li>- Flujo volumétrico</li> <li>- Voltaje</li> <li>- Presión de extrusión</li> <li>- Velocidad de extrusión</li> <li>- Volumen del ladrillo</li> <li>- Eficiencia energética</li> </ul>	Razón
			Rentabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión inicial</li> <li>- Costo de materia prima</li> <li>- Costo de O&amp;M</li> <li>- Tiempo de vida útil</li> <li>- Ingreso por ventas</li> <li>- Costo de energía</li> <li>- VAN, TIR y Payback</li> </ul>	Razón
Variable Dependiente:  Calidad del producto de ladrillo	Se refiere a las características y atributos que determinan su idoneidad y valor para su uso en construcción. Esto puede incluir aspectos como la resistencia, durabilidad, uniformidad en el tamaño y forma, así como la apariencia estética del ladrillo. La calidad del producto en la industria de ladrillos de arcilla es fundamental para garantizar la seguridad estructural de las edificaciones y satisfacer las expectativas de los clientes en términos de rendimiento y estética (Diao et al., 2021).	Implica evaluar aspectos como la resistencia a la compresión, la absorción de agua, la uniformidad en las dimensiones y la ausencia de defectos visuales. Esto se logra mediante pruebas de laboratorio y controles de calidad en la producción para garantizar que cada ladrillo cumpla con los estándares establecidos en estas características específicas.	Propiedades del ladrillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensiones del ladrillo</li> <li>- Resistencia del ladrillo</li> <li>- Absorción de agua</li> </ul>	Razón

## **Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos**

### **Formulario**

#### **Sección 1: Información General**

Nombre de la Ladrillera:

Ubicación:

Persona de Contacto:

Número de Empleados:

#### **Sección 2: Datos de Producción Mensual**

Mes:

Producción Total (ladrillos):

Ladrillos Defectuosos:

Tipos de Defectos (fisuras, deformaciones, etc.):

Tiempo de Producción (horas):

Consumo de Material (kg de arcilla):

#### **Sección 3: Indicadores de Calidad**

Dimensiones Estándar del Ladrillo:

Porcentaje de Ladrillos que Cumplen con las Dimensiones:

Porcentaje de Ladrillos que No Cumplen con las Dimensiones:

Resistencia Mecánica:

Número de Ladrillos Probados:

Número de Ladrillos que Cumplen con la Resistencia:

Número de Ladrillos que No Cumplen con la Resistencia:

## Anexo 3. Reporte de similitud en software Turnitin



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

ELÉCTRICA

Diseño de máquina extrusora semiautomática para moldear ladrillo mejorando la calidad del producto en una fábrica ladrillera de Chota, Cajamarca

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR(ES):

Madrid Ayosa, José Guillermo (orcid.org/0000-0001-7260-2543)

Mirez Rojas, Frank Danny (orcid.org/0009-0000-1116-652X)

ASESOR:

Dr. Dávila Hurtado, Fredy (orcid.org/0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Innovación tecnológica y desarrollo sostenible

CHICLAYO – PERÚ

2024

Resumen de coincidencias

20 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés

Coincidencias

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	9 % >
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3 % >
3	idoc.pub Fuente de Internet	1 % >
4	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1 % >
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 % >
6	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	1 % >
7	vdoc.pub Fuente de Internet	1 % >
8	www.dspace.espol.edu... Fuente de Internet	<1 % >
9	fdocuments.es Fuente de Internet	<1 % >
10	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 % >
11	fastercapital.com Fuente de Internet	<1 % >
12	pdfslide.net Fuente de Internet	<1 % >
13	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 % >
14	bonga.unisimon.edu.co Fuente de Internet	<1 % >
15	gestiopolis.com Fuente de Internet	<1 % >

## Anexo 4. Otras evidencias

### Ficha técnica de motor WEG W22Xec IE3 Trifásico de 9.2 kW 60 Hz

HOJA DE DATOS							
Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula							
Cliente :							
Línea del producto : W22Xec IE3 Trifásico				Código del producto : 12978639			
Carcasa	: 160M			Tiempo de rotor bloqueado	: 46s (frio) 26s (caliente)		
Potencia	: 9.2 kW (12.5 HP)			Elevación de temperatura	: 80 K		
Polos	: 6			Régimen de servicio	: S1		
Frecuencia	: 60 Hz			Temperatura ambiente	: -20°C hasta +40°C		
Tensión nominal	: 440 V			Altitud	: 1000 m		
Corriente nominal	: 17.0 A			Grado de protección	: IP55		
Corriente de arranque	: 107 A			Método de refrigeración	: IC411 - TEFC		
Ip/In	: 6.3			Forma constructiva	: B3T		
Corriente en vacío	: 8.00 A			Sentido de giro <sup>1</sup>	: Ambos		
Rotación nominal	: 1175 rpm			Nivel de ruido <sup>2</sup>	: 59,0 dB(A)		
Resbalamiento	: 2.08 %			Método de Arranque	: Partida directa		
Torque nominal	: 74.8 Nm			Masa aproximada <sup>3</sup>	: 122 kg		
Torque de arranque	: 250 %						
Torque máximo	: 290 %						
Clase de aislamiento	: F						
Factor de servicio	: 1.00						
Momento de inercia (J)	: 0.1489 kgm <sup>2</sup>						
Categoría	: N						
Potencia	50%	75%	100%	Fuerzas en la fundación			
Rendimiento (%)	90.7	91.2	91.2	Tracción máxima : 2818 N			
Cos Φ	0.59	0.72	0.78	Compresión máxima : 4015 N			
Pérdidas en puntos de funcionamiento estándar (velocidad; par), en porcentaje de la potencia nominal							
P1 (0,9;1,0)	P2 (0,5;1,0)	P3 (0,25;1,0)	P4 (0,9;0,5)	P5 (0,5;0,5)	P6 (0,5;0,25)	P7 (0,25;0,25)	
9.5	8.3	7.7	4.7	3.4	2.3	1.7	
<u>Delantero</u>				<u>Trasero</u>			
Tipo de cojinete	: 6309 C3			: 6209 C3			
Sello	: V'Ring			: V'Ring			
Intervalo de lubricación	: 20000 h			: 20000 h			
Cantidad de lubricante	: 13 g			: 9 g			
Tipo de lubricante	: Mobil Polyrex EM						
Notas							
Esta revisión reemplaza y cancela la anterior, la cual deberá ser eliminada. (1) Mirando la punta delantera del eje del motor. (2) Medido a 1m y con tolerancia de +3dB(A). (3) Masa aproximada sujetos a cambios después del proceso de fabricación. (4) Al 100% de la carga completa.				Los valores indicados son valores promedio con base en ensayos y para alimentación en red senoidal, sujetos a las tolerancias de la norma IEC 60034-1.			
Rev.	Resumen de los cambios			Ejecutado	Verificado	Fecha	
Ejecutor							
Verificador					Página	Revisión	
Fecha	03/07/2024				1 / 5		

# HOJA DE DATOS

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula



Cliente :

### Protección térmica

ID	Aplicación	Tipo	Cantidad	Temperatura de Detección
1	Devanado	Termistor - 2 alambres	1 x Fase	140 °C
2	Devanado	Termistor - 2 alambres	1 x Fase	155 °C

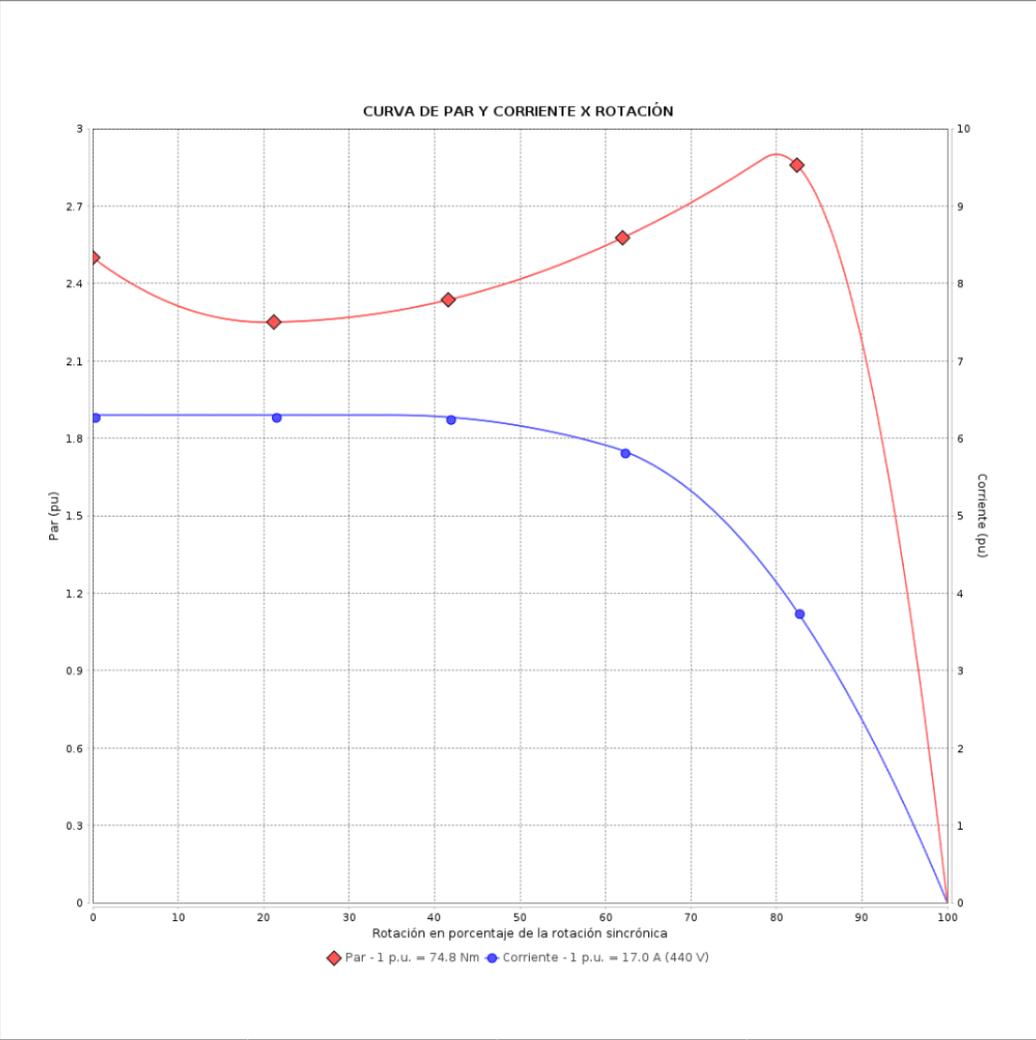
Rev.	Resumen de los cambios	Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor				
Verificador			Pagina	Revisión
Fecha	03/07/2024		2 / 5	

# CURVA DE PAR Y CORRIENTE X ROTACIÓN

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula



Cliente	:		
Línea del producto	:	W22Xec IE3 Trifásico	Código del producto : 12978639



<b>Desempeño</b>	: 440 V 60 Hz 6P		
Corriente nominal	: 17.0 A	Momento de inercia (J)	: 0.1489 kgm <sup>2</sup>
Ip/In	: 6.3	Régimen de servicio	: S1
Torque nominal	: 74.8 Nm	Clase de aislamiento	: F
Torque de arranque	: 250 %	Factor de servicio	: 1.00
Torque máximo	: 290 %	Elevación de temperatura	: 80 K
Rotación nominal	: 1175 rpm	Categoría	: N

Tiempo de rotor bloqueado : 46s (frío) 26s (caliente)

Rev.	Resumen de los cambios	Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor			Página	Revisión
Verificador			3 / 5	
Fecha	03/07/2024			

# CURVA DE DESEMPEÑO EN CARGA

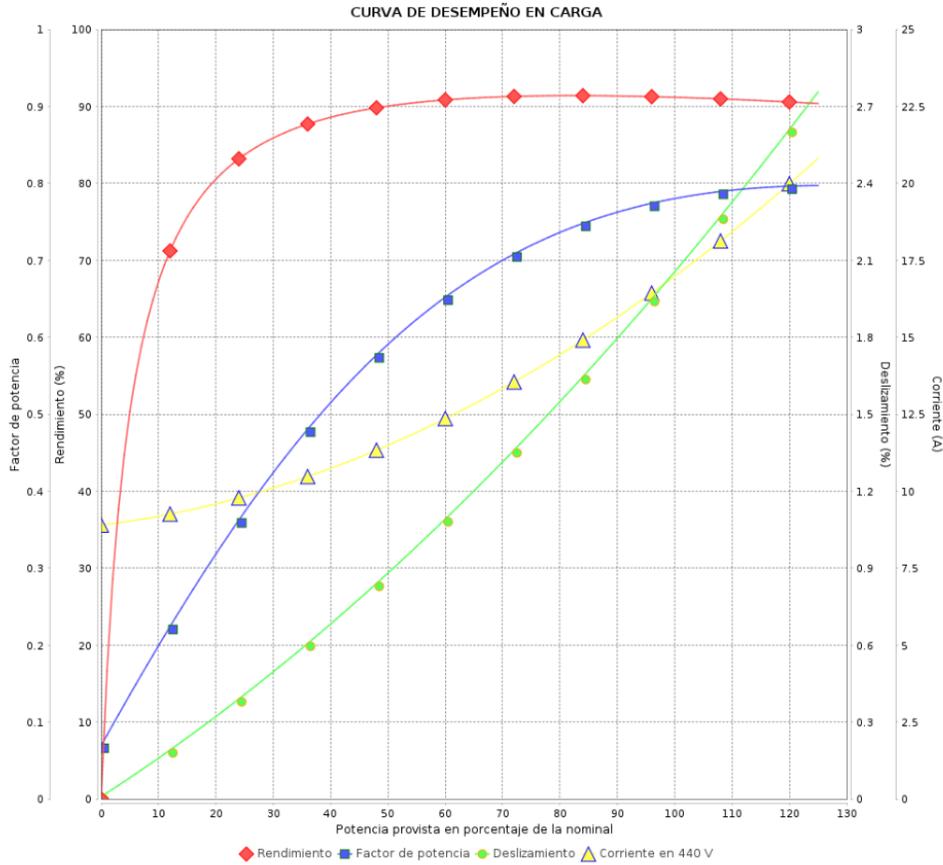
Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula



Cliente :

Línea del producto : W22Xec IE3 Trifásico

Código del producto : 12978639



Desempeño : 440 V 60 Hz 6P

Corriente nominal	: 17.0 A	Momento de inercia (J)	: 0.1489 kgm <sup>2</sup>
Ip/In	: 6.3	Régimen de servicio	: S1
Torque nominal	: 74.8 Nm	Clase de aislamiento	: F
Torque de arranque	: 250 %	Factor de servicio	: 1.00
Torque máximo	: 290 %	Elevación de temperatura	: 80 K
Rotación nominal	: 1175 rpm	Categoría	: N

Rev.	Resumen de los cambios	Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor			Página	Revisión
Verificador			4 / 5	
Fecha	03/07/2024			

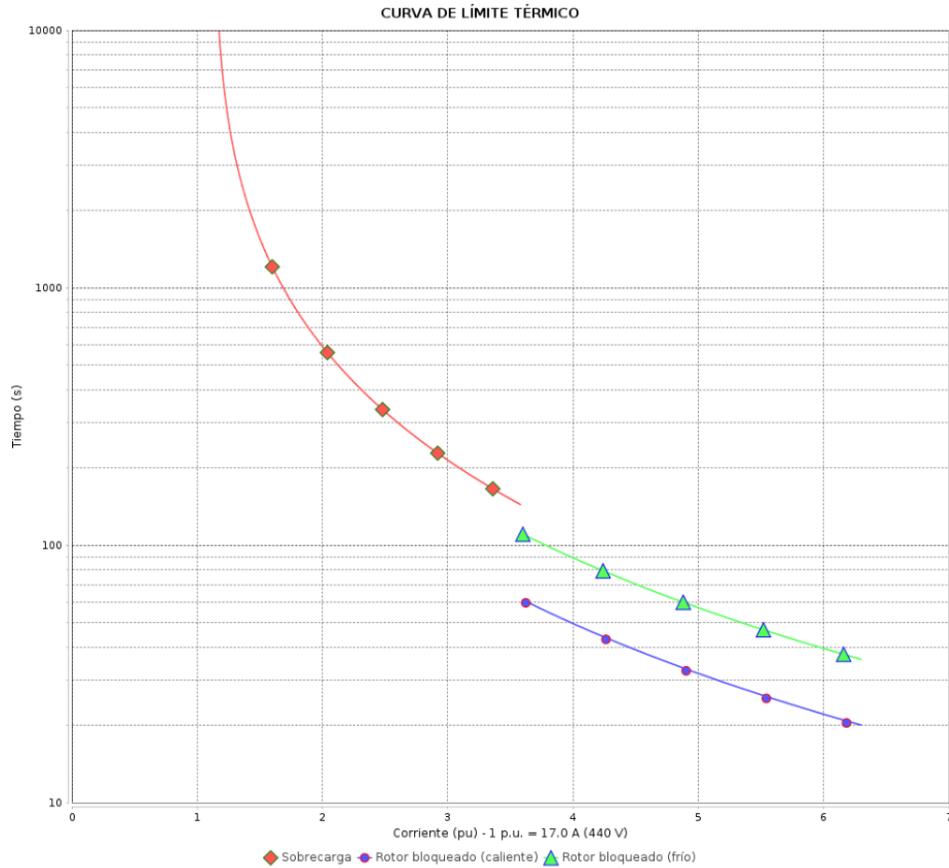
Propiedad de WEG S/A. Prohibida la reproducción sin permiso.  
Sujeto a cambios sin previo aviso

# CURVA DE LÍMITE TÉRMICO

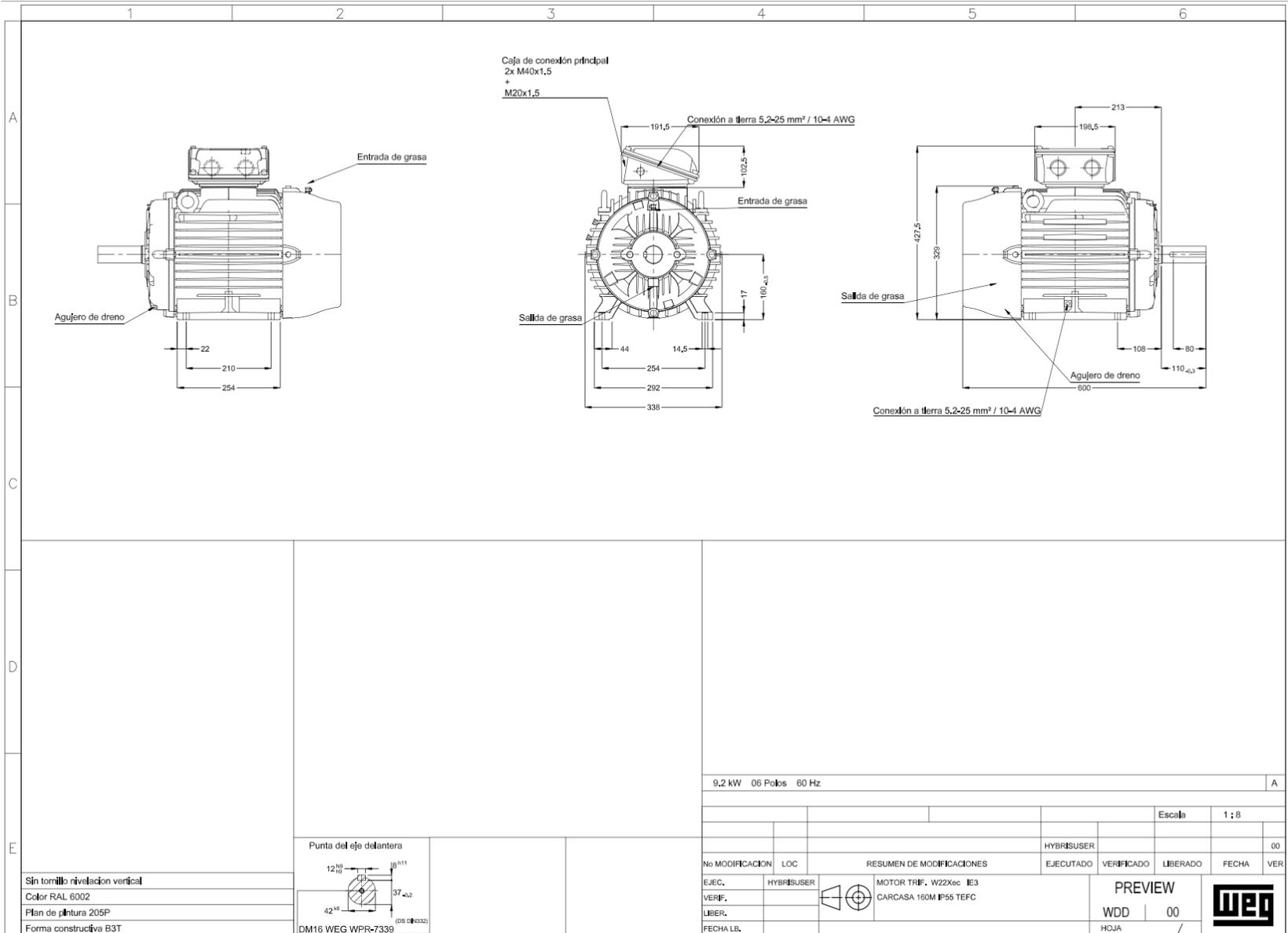
## Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

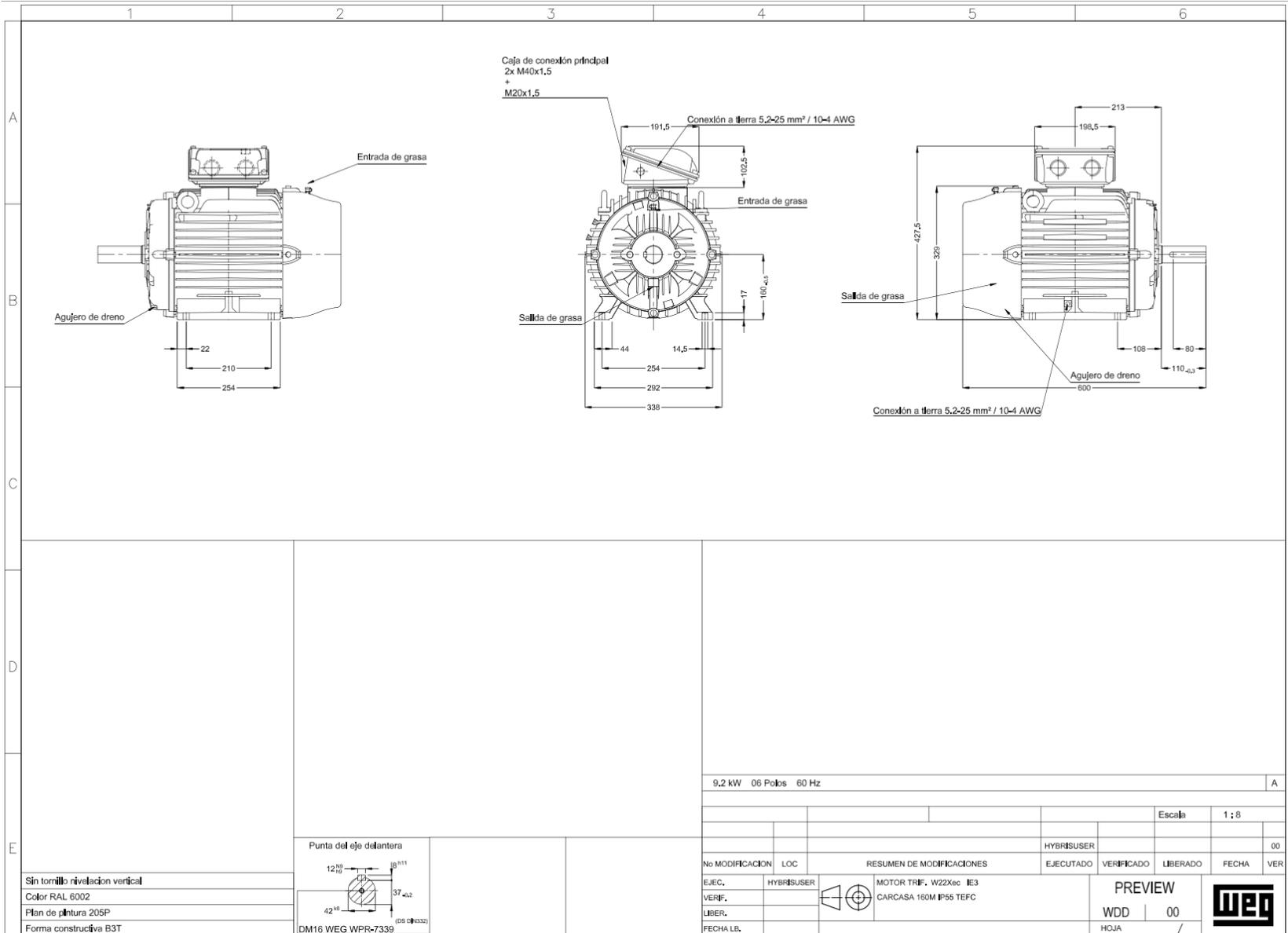


Cliente	:	
Línea del producto	: W22Xec IE3 Trifásico	Código del producto : 12978639



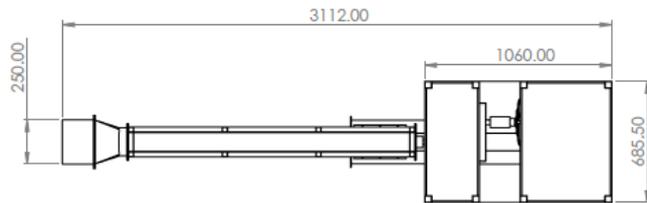
Desempeño		: 440 V 60 Hz 6P		
Corriente nominal	: 17.0 A	Momento de inercia (J)	: 0.1489 kgm <sup>2</sup>	
Ip/In	: 6.3	Régimen de servicio	: S1	
Torque nominal	: 74.8 Nm	Clase de aislamiento	: F	
Torque de arranque	: 250 %	Factor de servicio	: 1.00	
Torque máximo	: 290 %	Elevación de temperatura	: 80 K	
Rotación nominal	: 1175 rpm	Categoría	: N	
Constante de calentamiento				
Constante de enfriamiento				
Rev.	Resumen de los cambios	Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor			Página	Revisión
Verificador			5 / 5	
Fecha	03/07/2024			



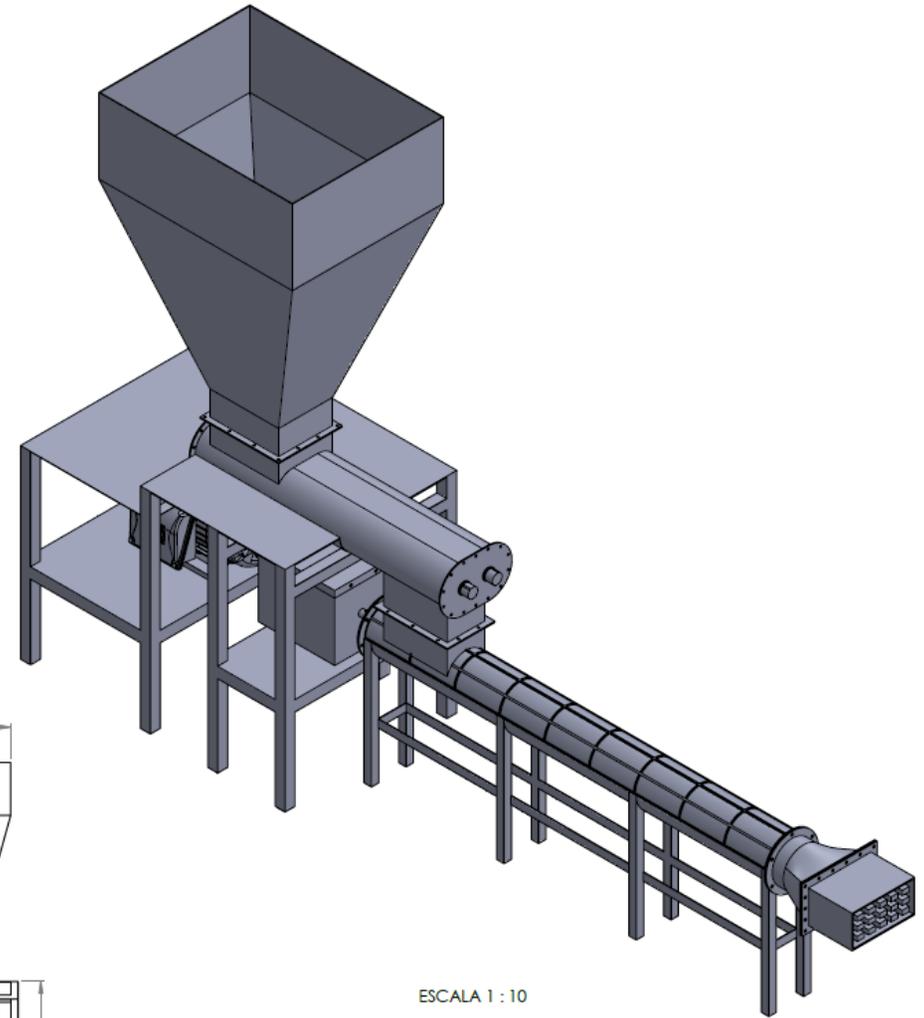


Sin tornillo nivelación vertical  
 Color RAL 6002  
 Plan de pintura 205P  
 Forma constructiva B3T

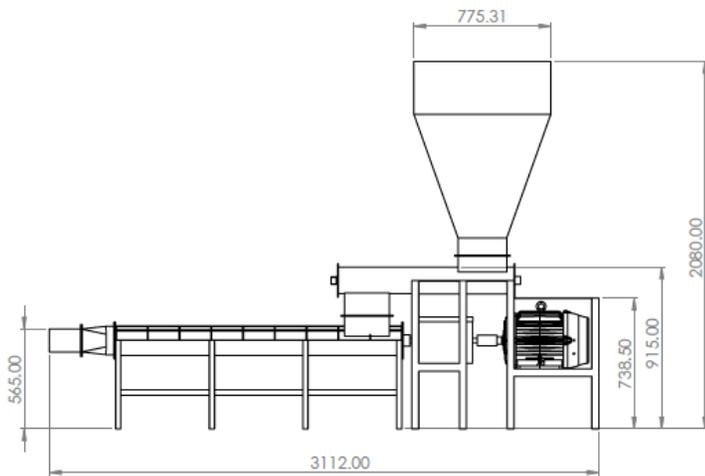




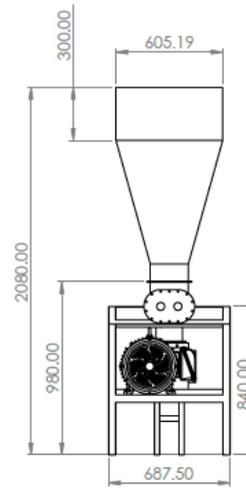
Escala 1 : 20



ESCALA 1 : 10

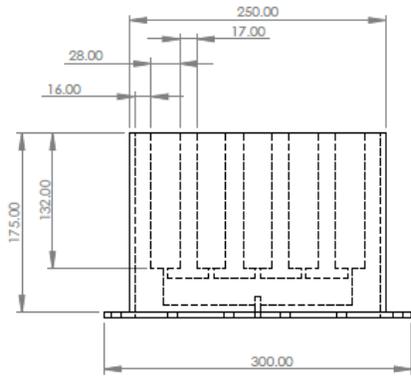


Escala 1 : 20

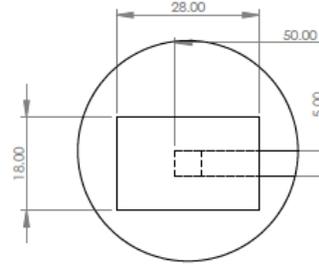


Escala 1 : 20

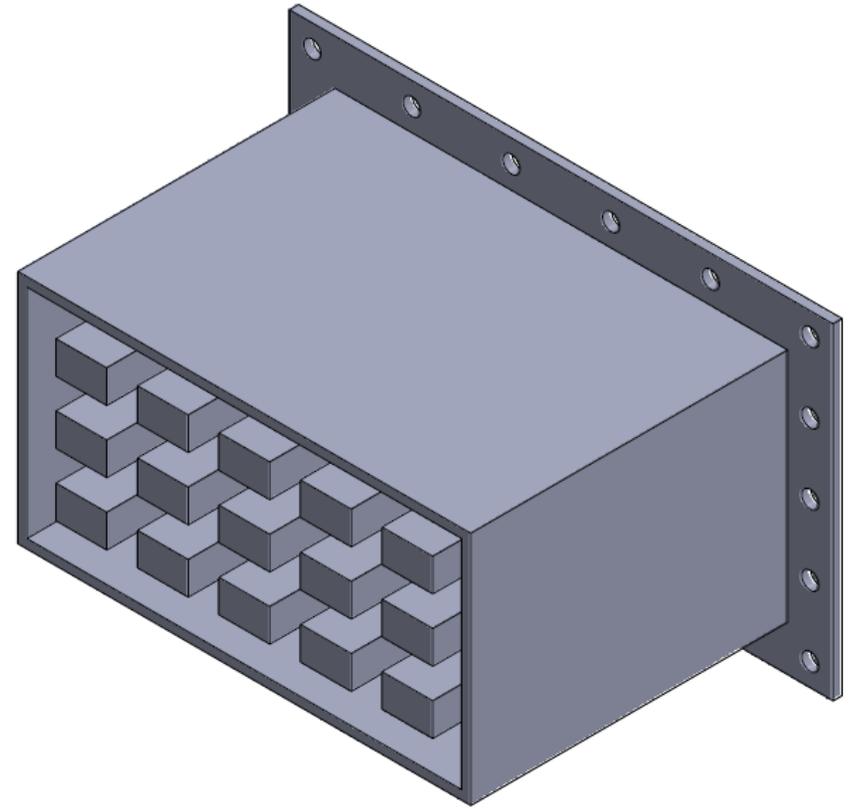
	DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA		
	26/07/2024	ENSAMBLAJE DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA DE LADRILLO	
Escala: Indicada	Dibujado por: JGMA / FDMR	Revisado por: Dr. Fredy Dávila Hurtado	



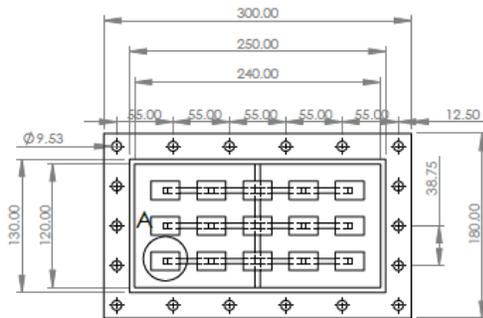
Escala 1 : 5



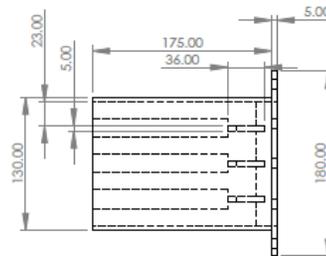
DETALLE A  
ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 2



Escala 1 : 5



Escala 1 : 5



DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA  
PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD  
DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE  
CHOTA, CAJAMARCA

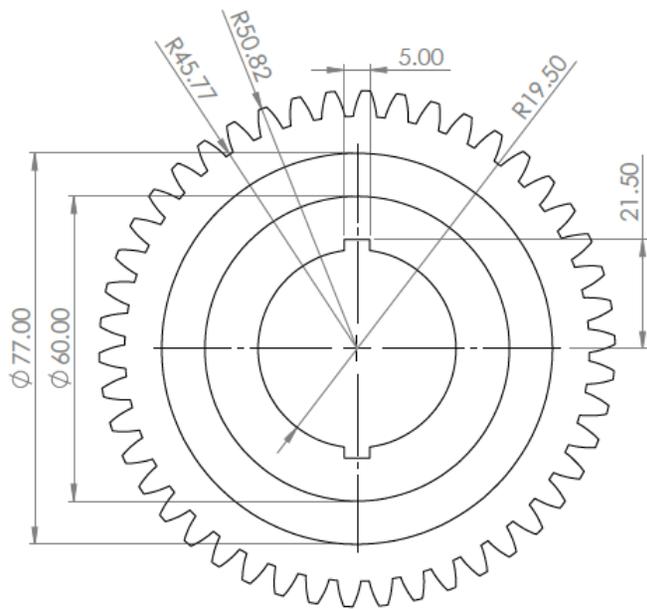
26/07/2024

MOLDE PARA LADRILLO

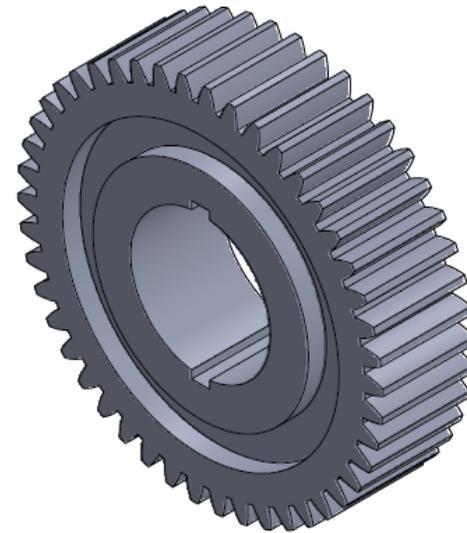
Escala:  
Indicada

Dibujado por:  
JGMA / FDMR

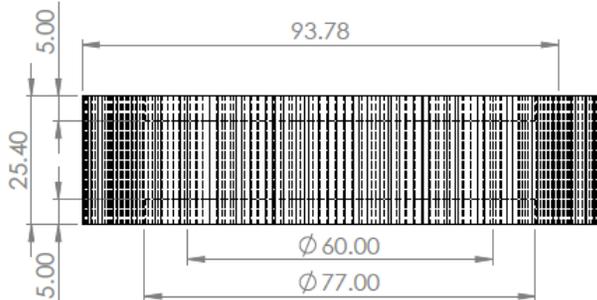
Revisado por:  
Dr. Fredy Dávila Hurtado



Escala 1 : 1



Escala 1 : 1



Escala 1 : 1

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA		
	26/07/2024	ENGRANE DE 50 DIENTES PARA EJE MEZCLADOR DE ARCILLA Y AGUA	
Escala: Indicada	Dibujado por: JGMA / FDMR	Revisado por: Dr. Fredy Dávila Hurtado	

8 7 6 5 4 3 2 1

F

E

D

C

B

A

F

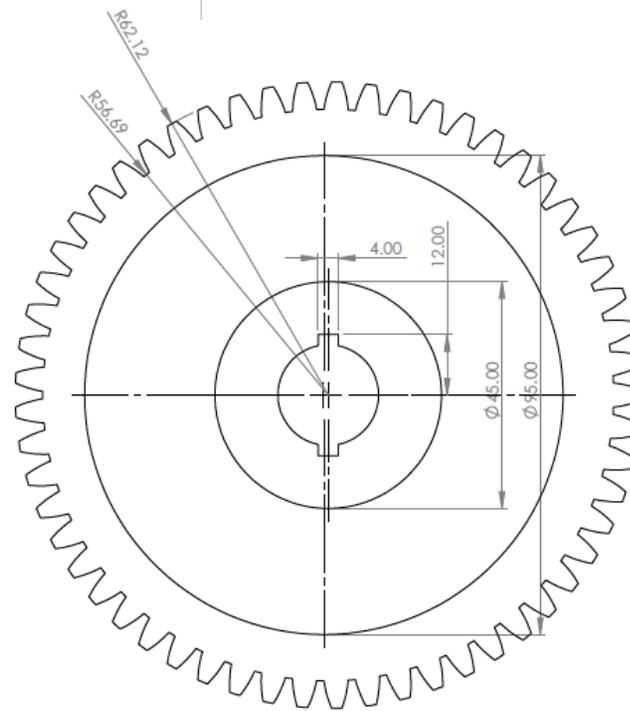
E

D

C

B

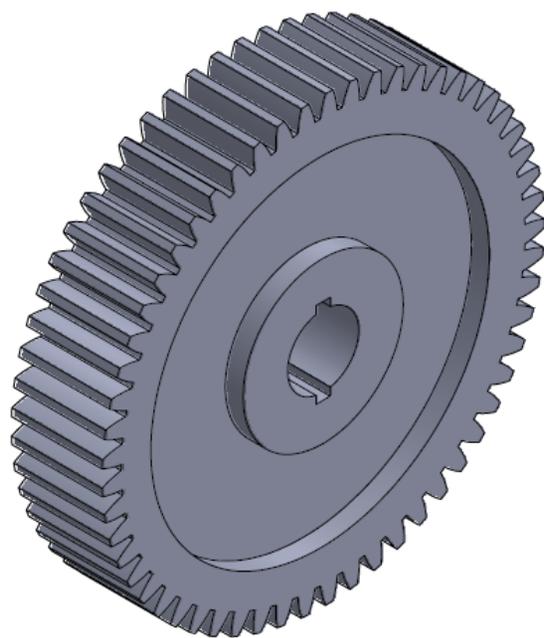
A



ESCALA 1 : 1



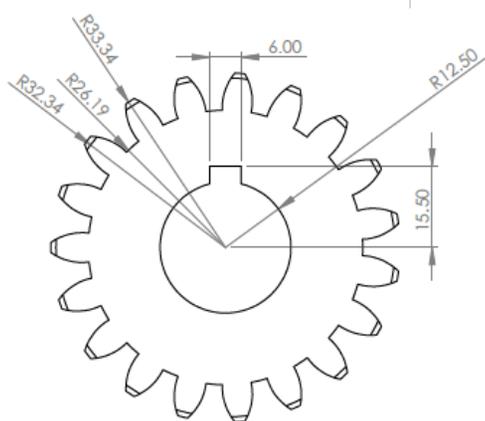
ESCALA 1 : 1



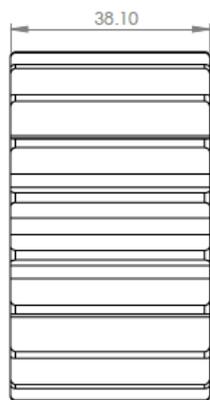
ESCALA 1 : 1

 <p>UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</p>	<p>DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA</p>		
	<p>26/07/2024</p>	<p>ENGRANE DE 24 DIENTES PARA EJE SECUNDARIO</p>	
<p>Escala: Indicada</p>	<p>Dibujado por: JGMA / FDMR</p>	<p>Revisado por: Dr. Fredy Dávila Hurtado</p>	

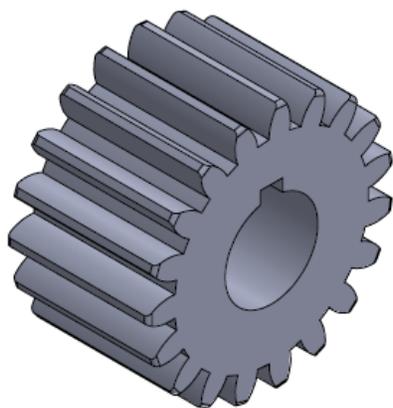
8 7 6 5 4 3 2 1



Escala 1 : 1



Escala 1 : 1



Escala 1 : 1



DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA

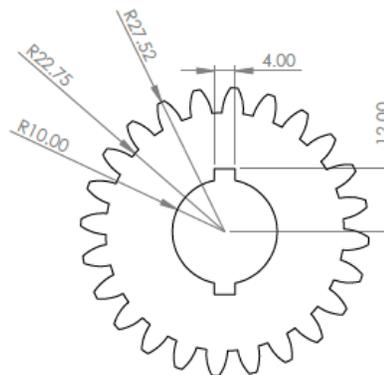
26/07/2024

PIÑÓN DE 19 DIENTES

Escala:  
Indicada

Dibujado por:  
JGMA / FDMR

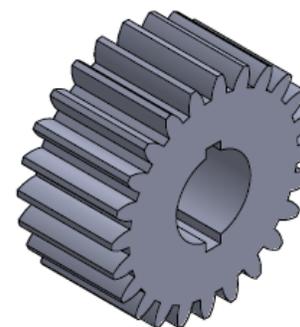
Revisado por:  
Dr. Fredy Dávila Hurtado



Escala 1 : 1



Escala 1 : 1



Escala 1 : 1



DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA

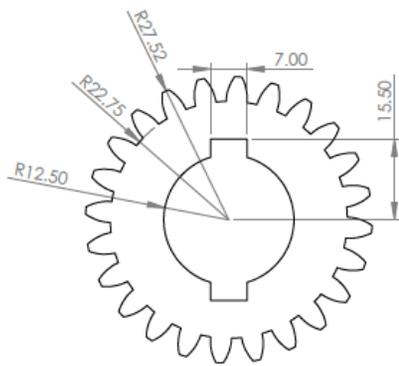
26/07/2024

ENGRANE DE 24 DIENTES PARA EJE SECUNDARIO

Escala:  
Indicada

Dibujado por:  
JGMA / FDMR

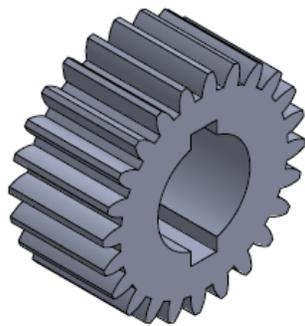
Revisado por:  
Dr. Fredy Dávila Hurtado



Escala 1 : 1

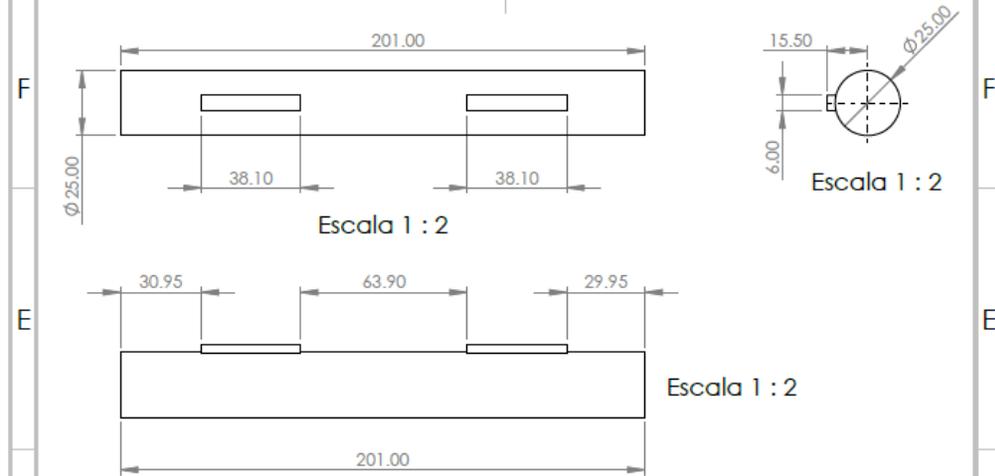


Escala 1 : 1



Escala 1 : 1

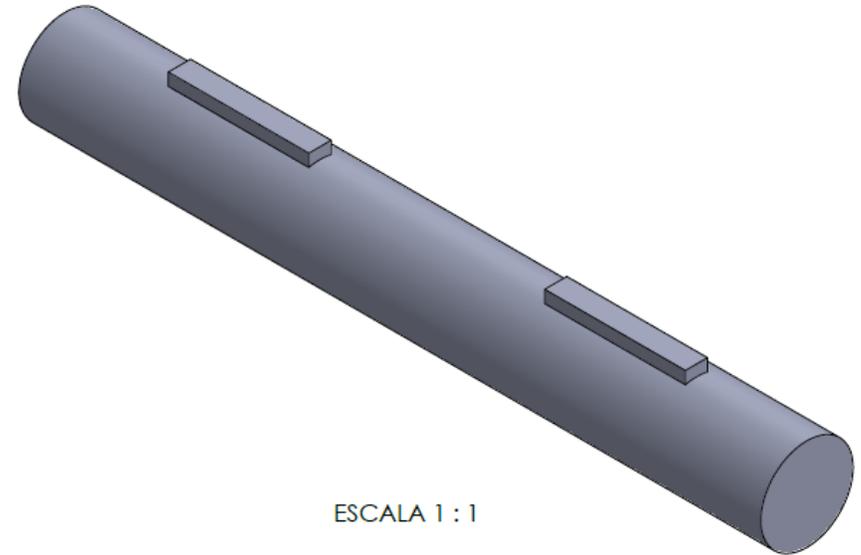
	DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA	
	ENGRANE DE 24 DIENTES PARA EJE DE CAJA PORTAENGRANAJES	
	Escala: Indicada	Dibujado por: JGMA / FDMR



Escala 1 : 2

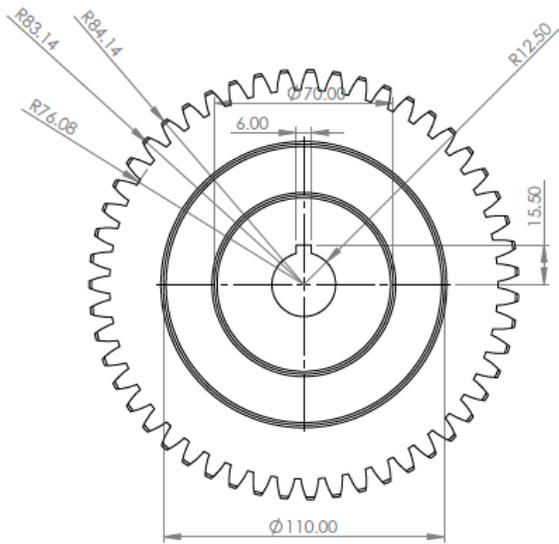
Escala 1 : 2

Escala 1 : 2

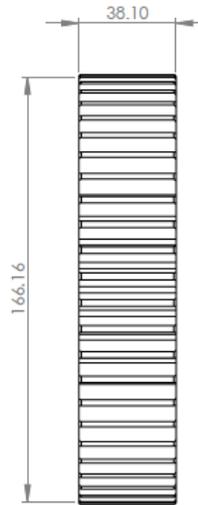


ESCALA 1 : 1

	DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA	
	EJE INTERIOR DE CAJA PORTAENGRANAJES	
	Escala: Indicada	Dibujado por: JGMA / FDMR



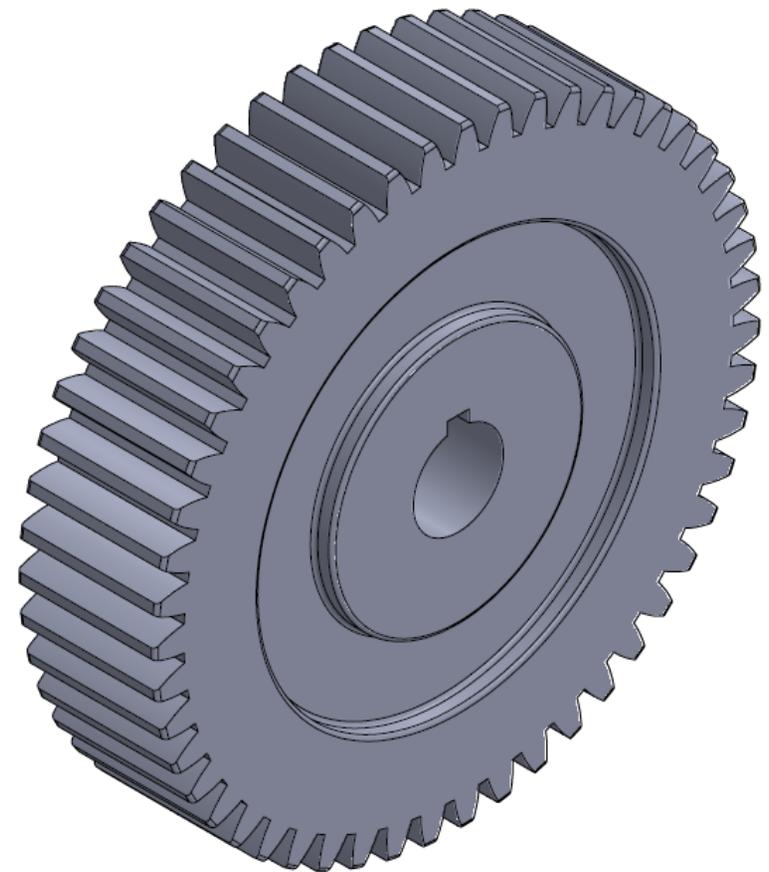
ESCALA 1 : 2



ESCALA 1 : 2



ESCALA 1 : 2



ESCALA 1 : 1



DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA  
PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD  
DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE  
CHOTA, CAJAMARCA

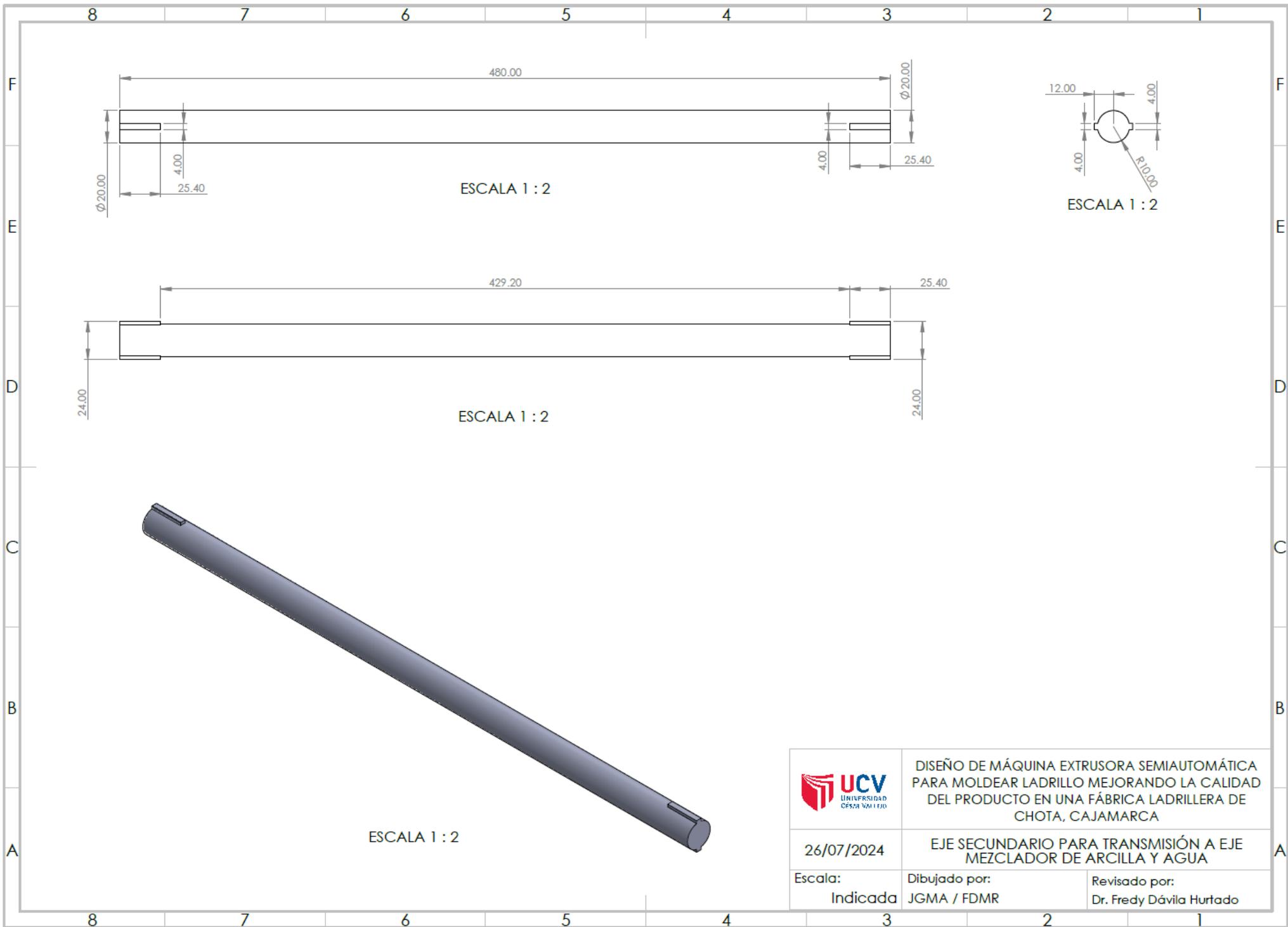
26/07/2024

ENGRANAJE DE 51 DIENTES

Escala:  
Indicada

Dibujado por:  
JGMA / FDMR

Revisado por:  
Dr. Fredy Dávila Hurtado



ESCALA 1 : 2

ESCALA 1 : 2

ESCALA 1 : 2

ESCALA 1 : 2



DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA

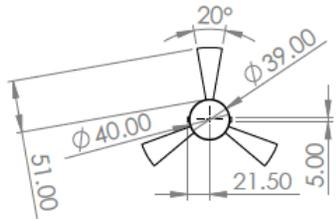
26/07/2024

EJE SECUNDARIO PARA TRANSMISIÓN A EJE MEZCLADOR DE ARCILLA Y AGUA

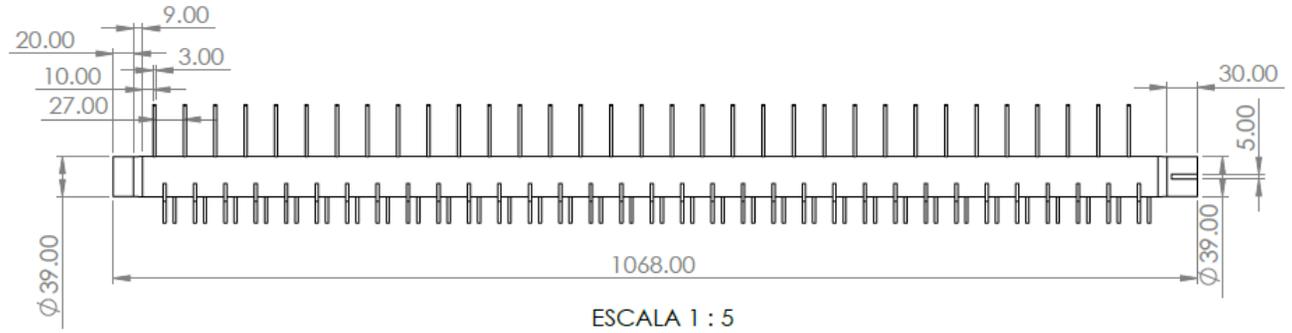
Escala:  
Indicada

Dibujado por:  
JGMA / FDMR

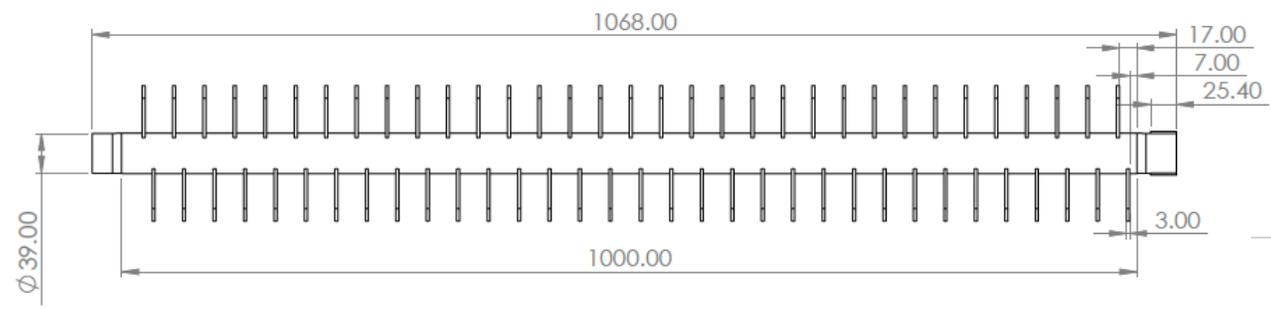
Revisado por:  
Dr. Fredy Dávila Hurtado



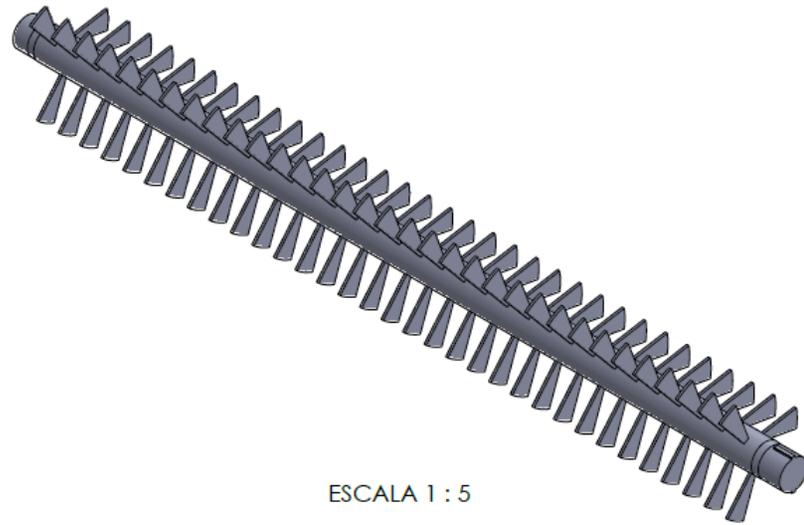
ESCALA 1 : 5



ESCALA 1 : 5



ESCALA 1 : 5



ESCALA 1 : 5



DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA

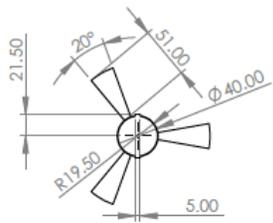
26/07/2024

EJE PARA MEZCLADO DE ARCILLA Y AGUA 1

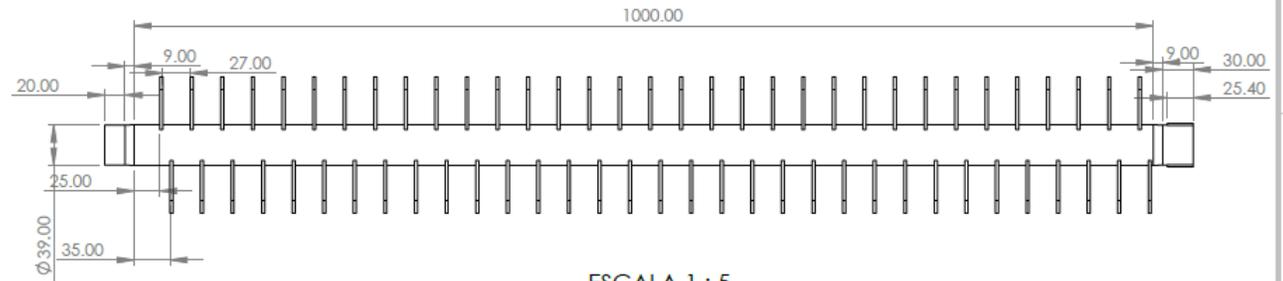
Escala:  
Indicada

Dibujado por:  
JGMA / FDMR

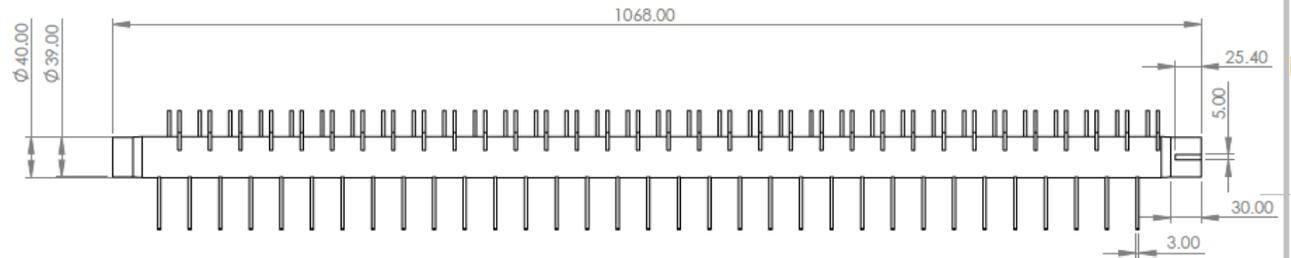
Revisado por:  
Dr. Fredy Dávila Hurtado



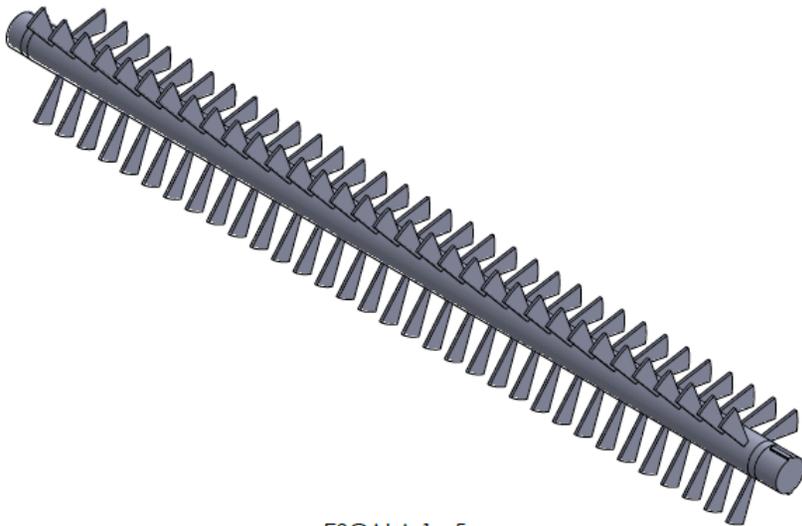
ESCALA 1 : 5



ESCALA 1 : 5



ESCALA 1 : 5



ESCALA 1 : 5



DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA

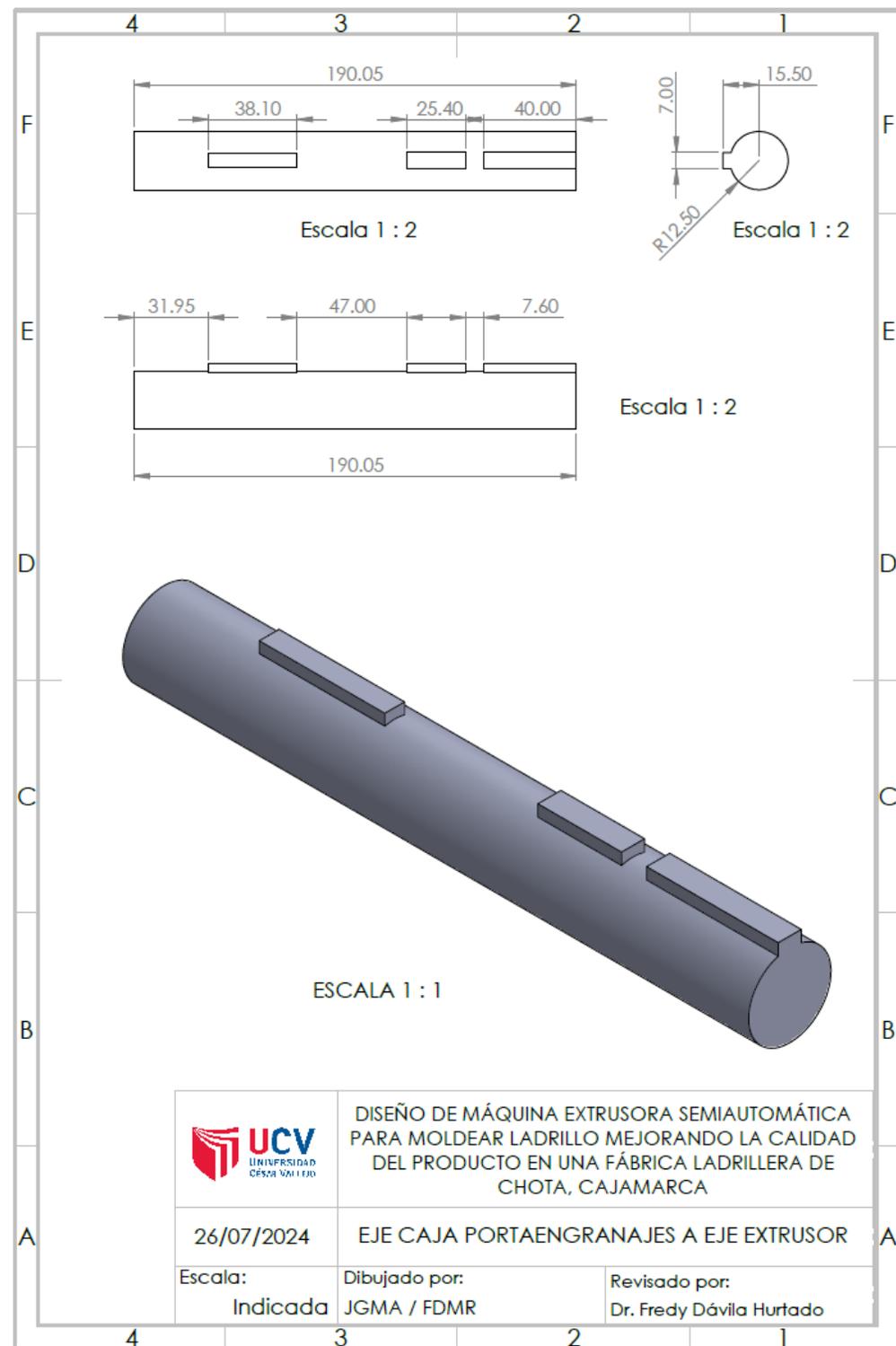
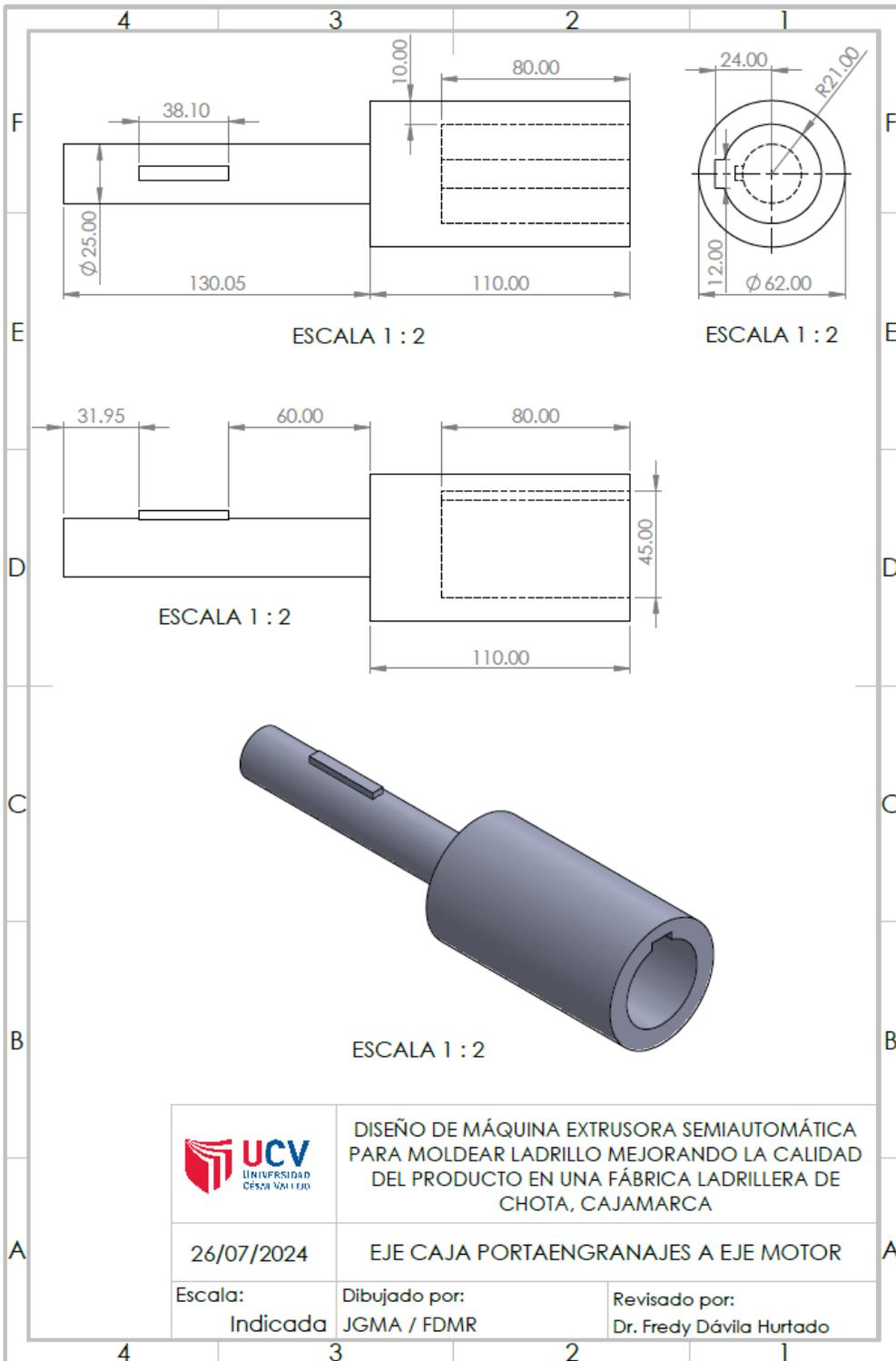
26/07/2024

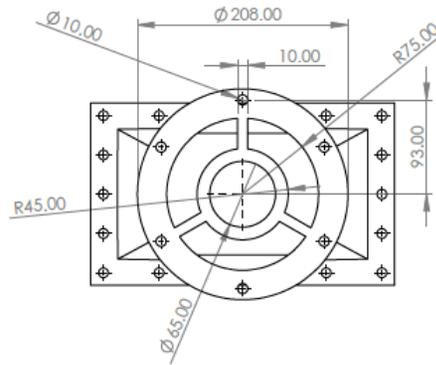
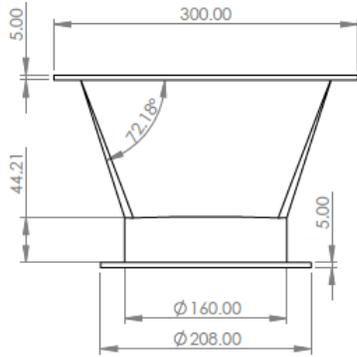
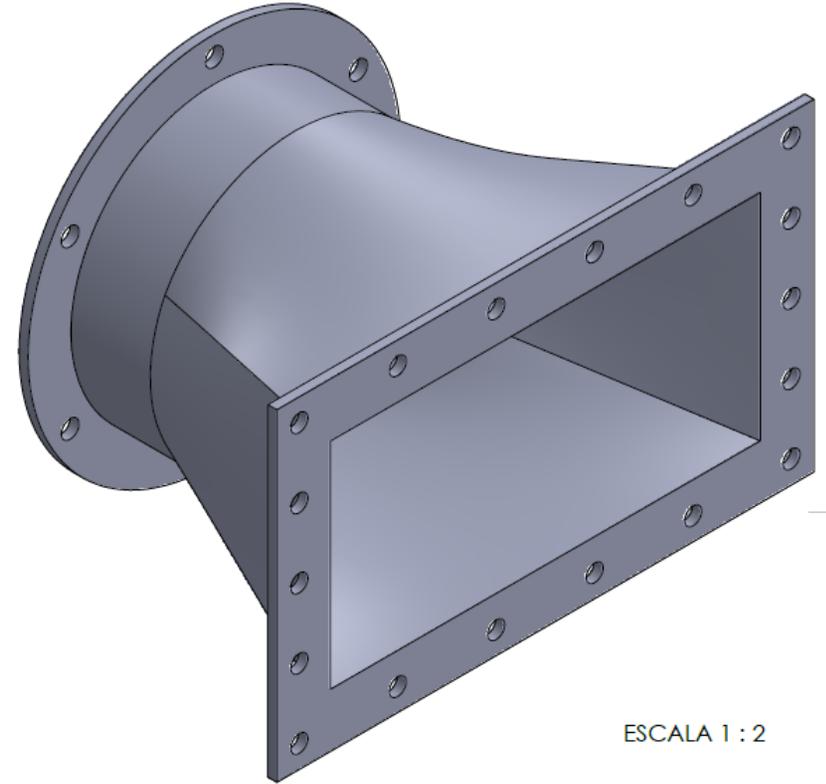
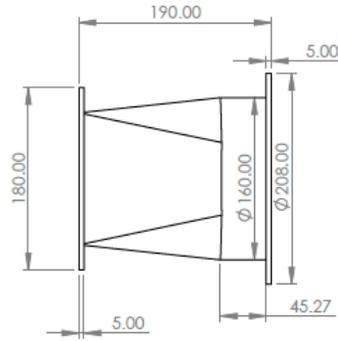
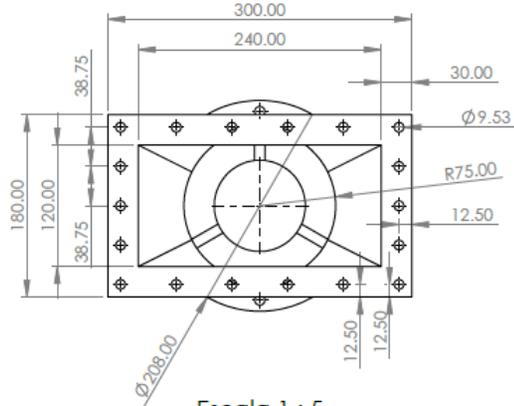
EJE CAJA PARA MEZCLADO DE ARCILLA Y AGUA  
2

Escala:  
Indicada

Dibujado por:  
JGMA / FDMR

Revisado por:  
Dr. Fredy Dávila Hurtado





DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA  
PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD  
DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE  
CHOTA, CAJAMARCA

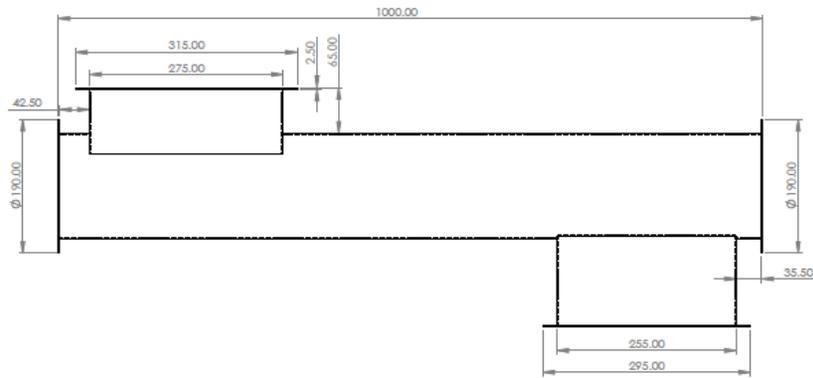
26/07/2024

CONECTOR ENTRE CILINDRO EXTRUSOR Y MOLDE

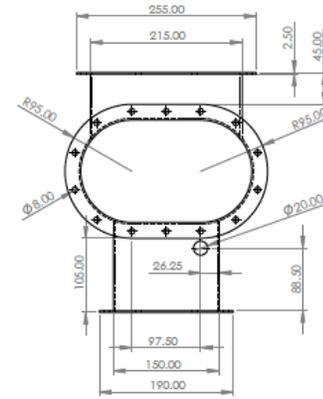
Escala:  
Indicada

Dibujado por:  
JGMA / FDMR

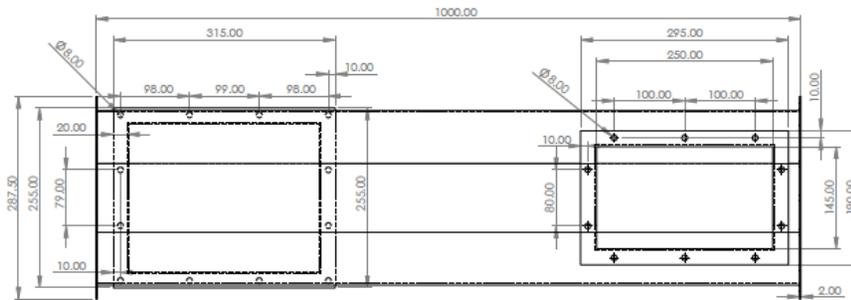
Revisado por:  
Dr. Fredy Dávila Hurtado



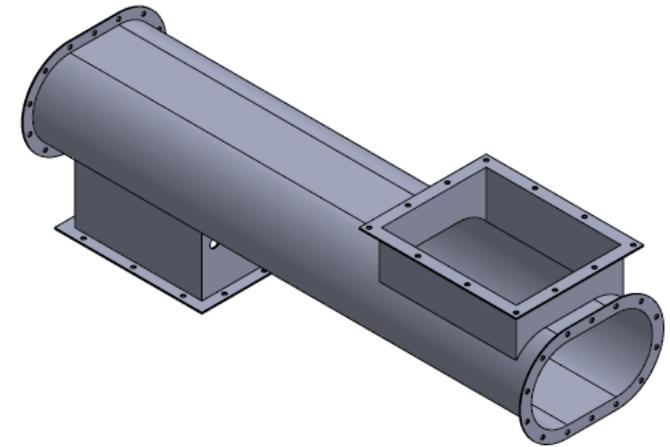
Escala 1 : 5



Escala 1 : 5

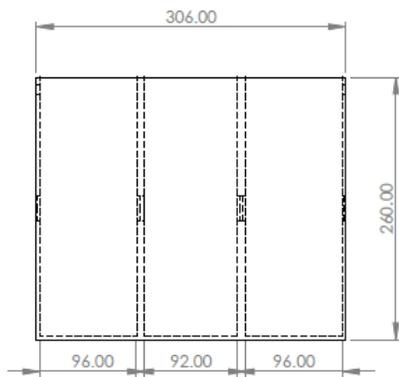


Escala 1 : 5

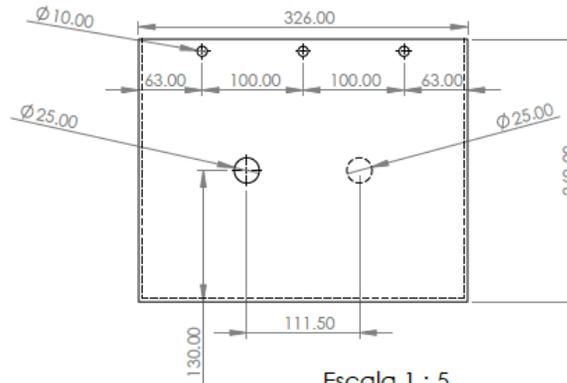


Escala 1 : 5

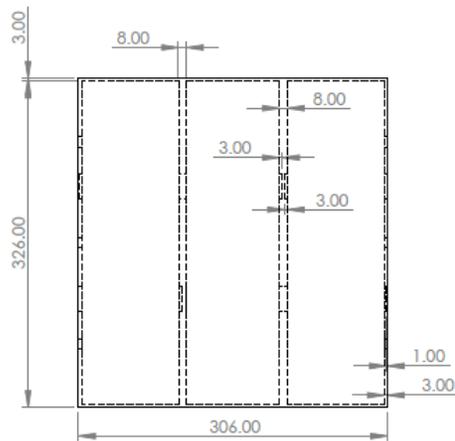
	DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA	
	26/07/2024	CILINDRO MEZCLADOR DE ARCILLA Y AGUA
Escala: Indicada	Dibujado por: JGMA / FDMR	Revisado por: Dr. Fredy Dávila Hurtado



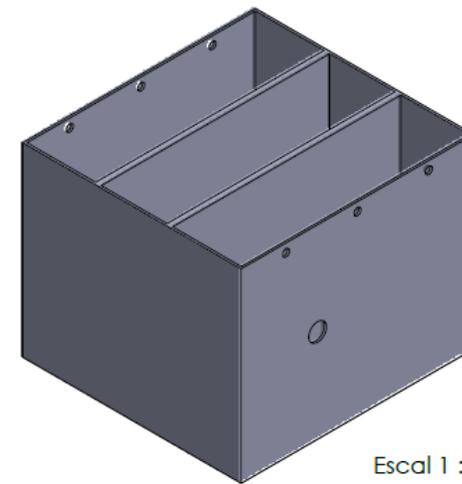
Escala 1 : 5



Escala 1 : 5



Escala 1 : 5



Escala 1 : 5



DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA

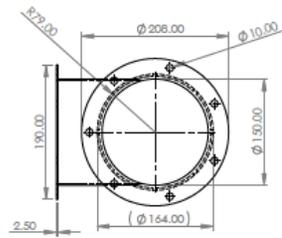
26/07/2024

CAJA PARA ENGRANAJES DE DIENTES RECTOS

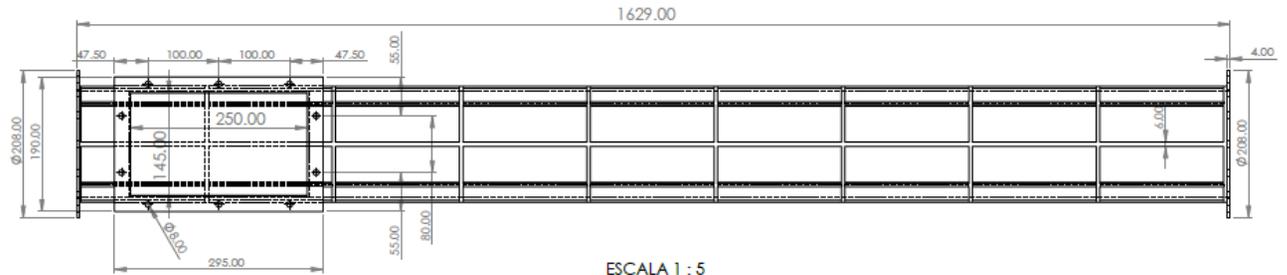
Escala:  
Indicada

Dibujado por:  
JGMA / FDMR

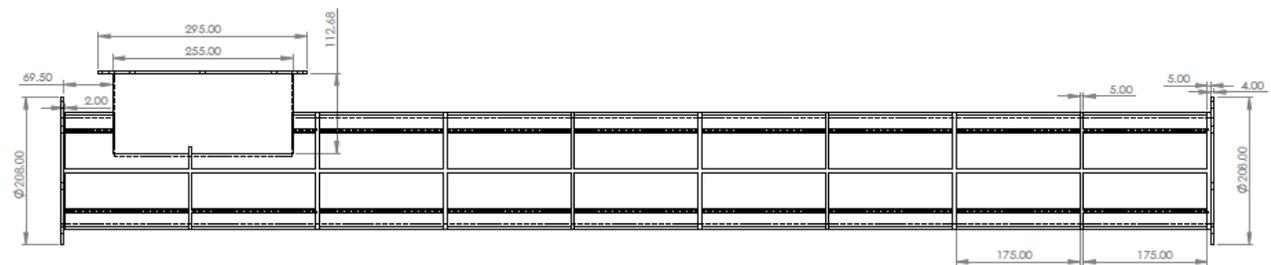
Revisado por:  
Dr. Fredy Dávila Hurtado



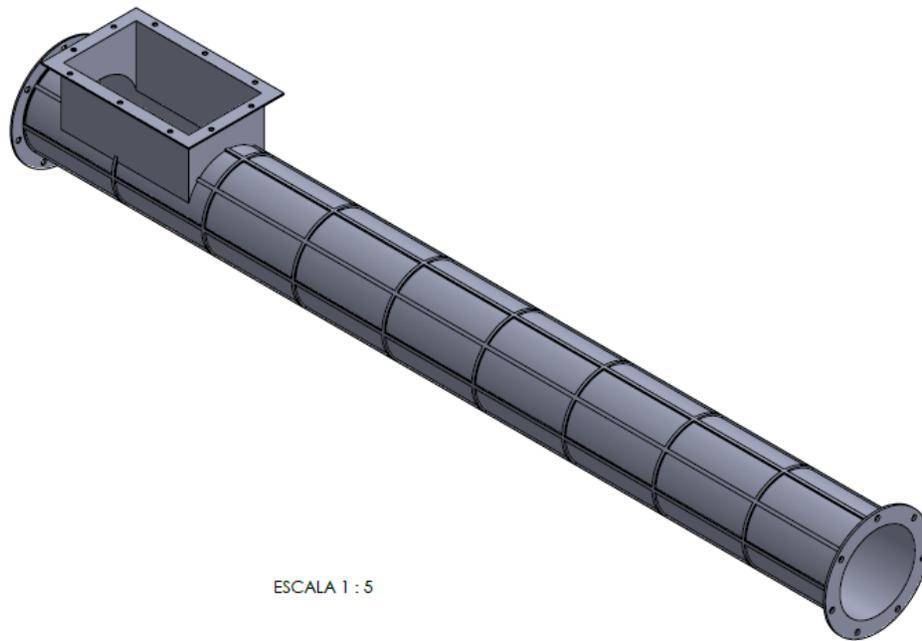
ESCALA 1 : 5



ESCALA 1 : 5



ESCALA 1 : 5



ESCALA 1 : 5

	DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA SEMIAUTOMÁTICA PARA MOLDEAR LADRILLO MEJORANDO LA CALIDAD DEL PRODUCTO EN UNA FÁBRICA LADRILLERA DE CHOTA, CAJAMARCA	
	CILINDRO DE EJE EXTRUSOR	
26/07/2024	Dibujado por: JGMA / FDMR	Revisado por: Dr. Fredy Dávila Hurtado
Escala: Indicada		