

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE TIANGUISTENCO

DIVISIÓN DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**“REDISEÑO DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DE GIRO ALIMENTICIO,
PARA MEJORAR SU PRODUCTIVIDAD”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTA:

“Aguilar Nava Joset Osvaldo”

DIRIGIDA POR:

“Mtra. Beatriz González Gutiérrez”

Tianguistenco, Estado de México, junio 2023.

AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto lo dedico principalmente a mi madre María Eugenia Nava Olvera por todo su amor, trabajo y sacrificio durante todos estos años y a dios por inspirarme y darme fuerzas para culminar una de las etapas más importantes de mi vida. A mi hermana Vanessa, hermano Luis y cuñado Obed por su apoyo incondicional, a mis sobrinos Johan y Leslie. A la memoria de mis tíos Margarita y Eutimio y por último a mi abuelo Erasmo por haberme inculcado buenos valores y amor por el trabajo.

RESUMEN

Este proyecto surge como la necesidad de mejorar la producción de nopal, así como también la eficiencia del prototipo centrándonos en las fallas que aquejan a la maquina e impiden que este alcance su mayor potencial ya que actualmente el prototipo cuenta con varios puntos críticos en sus diferentes sistemas que son desespinado y corte de nopal que hacen a todo el proceso deficiente.

Para identificar las partes críticas del prototipo primeramente se realiza una inspección visual con el fin de observar los problemas que presenta el prototipo, posteriormente se realiza un AMEFPs AIAG & VDA para la identificación de los problemas y así poder evaluar bajo AP (Acciones Prioritarias) los efectos de la falla e identificar la ocurrencia y detección y asignar acciones de mejora para la reducción de las fallas encontradas, una vez encontrado el problema más significativo que es un rediseño del árbol de navajas del prototipo se procede a utilizar una metodología de diseño (Phal & Beitz) que es una metodología basada en el diseño alemán para poder generar el rediseño mencionado, en la parte de mejora y seguridad basándonos en lo arrojado por el AMEFPs se implementó un poka-yoke de seguridad vinculado a un sistema andon que ayudaran al operario a poder operar el prototipo de una forma más segura, ya que el prototipo cuenta con elementos cortantes o de atrapamiento.

Por último, se agregan los planos de fabricación del rediseño del árbol de navajas para futuras modificaciones, también se incluyen las piezas normalizadas y los planos de fabricación de las no normalizadas.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	2
ÍNDICE	3
ÍNDICE DE IMÁGENES	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE ANEXOS	6
CAPÍTULO I	7
INTRODUCCIÓN	8
JUSTIFICACIÓN	9
OBJETIVOS	10
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
CAPÍTULO II	11
METODOLOGÍA	12
ESTADO ACTUAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
AMEF (ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA)	14
FASE DE DISEÑO	15
IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS POKA-YOKE	16
IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA ANDON	17
CAPÍTULO III	20
MARCO TEÓRICO	21
A) GENERALIDADES DE LA MECANIZACIÓN AGRÍCOLA	21
B) HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA EL MODELADO Y VALIDACIÓN DE DISEÑO	22
C) ANTECEDENTES DE MÁQUINAS DE CORTE NOPAL	26
D) PROPUESTAS PARA CONSTRUCCIÓN DE MECANISMOS DE CORTE DE NOPAL	30
E) CONCEPTOS CLAVE	31
CAPÍTULO IV	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
A) EN BASE AL OBJETIVO ESPECÍFICO B, C Y D SE REALIZÓ LA IDENTIFICACIÓN DEL OBJETO DE APLICACIÓN E INFORMACIÓN PREVIA PARA EL DESARROLLO DEL FMEA VDA & AIAG.	34
A.1) DESARROLLO DE FMEA AIAG & VDA BAJO EL ENFOQUE DE LOS 7 PASOS PARA LA IDENTIFICACION DE PUNTOS CRITICOS EN EL PROTOTIPO DE DESESPINADO Y CORTE DE NOPAL.	35
B) EN BASE AL OBJETIVO ESPECÍFICO E SE REALIZÓ EL PROCESO DE DISEÑO A TRAVÉS DEL MÉTODO PAHL & BEITZ ENGINEERING DESIGN.	41
C) MEDIDAS DE SEGURIDAD	64
CAPITULO V	72

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS	75
ANEXOS	77
F) DISEÑAR Y ELABORAR LOS PLANOS DE LOS ELEMENTOS NO NORMALIZADOS Y SELECCIÓN DE LOS NORMALIZADOS.	80

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1.	PROTOTIPO DE DESESPINADO Y CORTE DE NOPAL. (ELABORACIÓN PROPIA)	12
IMAGEN 2.	SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA DEL PROTOTIPO. (ELABORACIÓN PROPIA)	13
IMAGEN 3.	PROCESO DE CORTE DEL PROTOTIPO. (ELABORACIÓN PROPIA)	14
IMAGEN 4.	LOS 7 PASOS DE LA ESTRUCTURA DEL FMEA AIAG & VDA. (ELABORACIÓN PROPIA)	15
IMAGEN 5.	EVOLUCIÓN DEL PROCESO DE CERO DEFECTOS EN LAS EMPRESAS. (NUCAMENDI GUILLÉN , 2007)	16
IMAGEN 6.	CORTADORA DE TIRAS DE NOPAL MARCA ÁLVAREZ MAQ. (ALVAREZ PADI , 2012)	27
IMAGEN 7.	CORTADORA DE NOPAL MARCA JERSA (ALVARADO PATIÑO , 2018)	28
IMAGEN 8.	DESORILLADORA DE NOPAL MARCA ÁLVAREZ MAQ. (ALVAREZ PADI , 2012)	29
IMAGEN 9.	CUCHILLA FIJA ANGULADA. (SILVA SANTOS, 2008)	30
IMAGEN 10.	DISCO DE CIRCUNFERENCIA AFILADO GIRATORIO EN UN EJE. (SILVA SANTOS, 2008)	30
IMAGEN 11.	DISCO DENTADO GIRATORIO EN UN EJE. (SILVA SANTOS, 2008)	30
IMAGEN 12.	DISCO GIRATORIO DE 100 DIENTES. (SILVA SANTOS, 2008).....	30
IMAGEN 13.	DISCO GIRATORIO DE 100 DIENTES. (SILVA SANTOS, 2008).....	31
IMAGEN 14.	DISCO GIRATORIO DE 100 DIENTES.	31
IMAGEN 15.	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE DESESPINADO Y CORTE.(ELABORACIÓN PROPIA)	34
IMAGEN 16.	HISTOGRAMA SOBRE EL NIVEL CRÍTICO EN LOS PROCESOS DEL PROTOTIPO DE DESESPINADO Y CORTE DE NOPAL. (ELABORACIÓN PROPIA)	39
IMAGEN 17.	BOCETO DE LA ALTERNATIVA 1 PARA EL REDISEÑO DEL ÁRBOL DE NAVAJAS. (ELABORACIÓN PROPIA)	42
IMAGEN 18.	BOCETO DE LA ALTERNATIVA 2 PARA EL REDISEÑO DEL ARBOL DE NAVAJAS.(ELABORACIÓN PROPIA)	43
IMAGEN 19.	BOCETO DEL COMPONENTE PRINCIPAL 2.1 (ESTRUCTURA) DE LA ALTERNATIVA 2. (ELABORACIÓN PROPIA)	44
IMAGEN 20.	BOCETO DEL COMPONENTE SECUNDARIO 2.2 (ESPACIADOR DE NAVAJAS VERTICAL) DE LA ALTERNATIVA 2. (ELABORACIÓN PROPIA)	45
IMAGEN 21.	BOCETO DEL COMPONENTE SECUNDARIO 2.3 (NAVAJA DE CORTE) DE LA ALTERNATIVA 2. (ELABORACIÓN PROPIA)	46

IMAGEN 22.	BOCETO DE LA ALTERNATIVA 3 PARA EL REDISEÑO DEL ÁRBOL DE NAVAJAS. (ELABORACIÓN PROPIA)	47
IMAGEN 23.	BOCETO DEL COMPONENTE PRINCIPAL 3.1(ESTRUCTURA) DE LA ALTERNATIVA 3. (ELABORACIÓN PROPIA)	48
IMAGEN 24.	BOCETO DE COMPONENTE SECUNDARIO 3.2 (ESPACIADOR HORIZONTAL) DE LA ALTERNATIVA 3. (ELABORACIÓN PROPIA)	49
IMAGEN 25.	BOCETO DEL COMPONENTE SECUNDARIO 3.3 (VARILLA ROSCADA) DE LA ALTERNATIVA 3. (ELABORACIÓN PROPIA)	50
IMAGEN 26.	BOCETO DEL COMPONENTE SECUNDARIO 3.4 (NAVAJA DE UN SOLO FILO) DE LA ALTERNATIVA 3. (ELABORACIÓN PROPIA)	51
IMAGEN 27.	DISEÑO DE FORMA DE LA ESTRUCTURA DEL ÁRBOL DE NAVAJAS. (ELABORACIÓN PROPIA)	55
IMAGEN 28.	DISEÑO DE FORMA DE ESPACIADOR HORIZONTAL. (ELABORACIÓN PROPIA)	56
IMAGEN 29.	DISEÑO DE FORMA DE LA VARILLA ROSCADA. (ELABORACIÓN PROPIA)	57
IMAGEN 30.	DISEÑO DE FORMA DE LA CUCHILLA DE UN SOLO FILO	58
IMAGEN 31.	DESPIECE DE LA ESTRUCTURA DEL ÁRBOL DE NAVAJAS	59
IMAGEN 32.	DISEÑO DE CONJUNTO DEL ÁRBOL DE NAVAJAS. (ELABORACIÓN PROPIA)	60
IMAGEN 33.	DESPIECE DEL ÁRBOL DE NAVAJAS. (ELABORACIÓN PROPIA)	61
IMAGEN 34.	DISEÑO DE CONJUNTO DEL PROTOTIPO DE DESESPINADO Y CORTE DE NOPAL. (ELABORACIÓN PROPIA)	62
IMAGEN 35.	DESPIECE DEL PROTOTIPO DE DESESPINADO Y CORTE DE NOPAL	63
IMAGEN 36.	MEDIDAS DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS: CRITERIOS DE SELECCIÓN. (BLANCH GONZÁLBEZ, 2015)	64
IMAGEN 37.	SELECCIÓN DE MEDIDAS DE SEGURIDAD. (BLANCH GONZÁLBEZ, 2015)	65
IMAGEN 38.	DISEÑO CAD DEL SEPARADOR DE PROTECCIÓN. (ELABORACIÓN PROPIA)	66
IMAGEN 39.	PASOS PARA LA APLICACIÓN DEL POKA-YOKE. (CORRAL RAMIREZ & MUÑOZ LÓPEZ, 2016)	67
IMAGEN 40.	FIXTURE DEL FINAL DE CARRERA NA ACCIONADO POR RESORTE. (ELABORACIÓN PROPIA)	68
IMAGEN 41.	DIAGRAMA DE FUNCIONES LADDER. (ELABORACIÓN PROPIA)	69
IMAGEN 42.	DIAGRAMA LADDER PARA IMPLEMENTACIÓN DEL POKA-YOKE. (ELABORACIÓN PROPIA)	70

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL FMEA AIAG & VDA (ELABORACIÓN PROPIA)	35
TABLA 2.	ANÁLISIS FUNCIONAL FMEA AIAG & VDA DEL PROTOTIPO DE CORTE Y DESESPINADO.(ELABORACIÓN PROPIA)	36
TABLA 3.	ANÁLISIS DE FALLAS FMEA AIAG & VDA DEL PROTOTIPO DE CORTE Y DESESPINADO .(ELABORACIÓN PROPIA)	37
TABLA 4.	ANÁLISIS DE RIESGO FMEA AIAG & VDA DEL PROTOTIPO DE CORTE Y DESESPINADO.(ELABORACIÓN PROPIA)	38
TABLA 5.	OPTIMIZACIÓN DEL FMEA AIAG & VDA DEL PROTOTIPO DE CORTE Y DESESPINADO.(ELABORACIÓN PROPIA)	40
TABLA 6.	TABLA DE REQUERIMIENTOS PARA EL REDISEÑO DE LAS PARTES DEL PROTOTIPO.	41
TABLA 7.	CHECK LIST DE JUICIOS DE FACTIBILIDAD PARA EL REDISEÑO DEL ÁRBOL DE NAVAJAS. (ELABORACIÓN PROPIA)	52
TABLA 8.	MATRIZ DE DECISIÓN PARA ELEGIR UNA DE LAS 3 ALTERNATIVAS DEL REDISEÑO DEL ÁRBOL DE NAVAJAS. (ELABORACIÓN PROPIA)	53

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.	PLANOS DE FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ÁRBOL DE NAVAJAS	77
ANEXO 2.	PIEZAS NORMALIZADAS Y NO NORMALIZADAS DEL PROTOTIPO DE DESESPINADO Y CORTE DE NOPAL	81
ANEXO 3.	TABLA DE COSTOS PARA EL REDISEÑO Y MEJORAS DEL PROTOTIPO	90
ANEXO 4.	TABLAS DE SEVERIDAD, OCURRENCIA, DETECCIÓN Y PRIORIDAD DE ACCIÓN DEL AMEF AIAG & VDA.	91

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los avances de tecnología, la evolución en los hábitos de los consumidores los cuales cada día son más exigentes, sumados a la implacable competencia a nivel global que exige a las empresas mayores niveles de calidad en sus procesos, acompañados de mayor variedad, menores costos y tiempo de respuesta requiere la aplicación de diferentes metodologías que haciendo una sinergia permitan hacer frente a estos desafíos.

Por esta situación se analizan mejoras al sistema y un rediseño óptimo para un prototipo encargado de realizar el desespinado y corte de nopal, localizado en el área de investigación del Tecnológico de Estudios Superiores de Tianguistenco, aplicando metodologías de ingeniería industrial y metodologías de diseño, para sustentar el funcionamiento y validación de las mejoras propuestas antes de llevarlas a su manufactura o instalación se hará uso de algunos software como son SOLIDWORKS que validara el rediseño, GX WORKS 2 para programación de PLC vinculado a FACTORY IO que permite simular en un entorno 3D los dispositivos de seguridad que se seleccionaran.

Con las mejoras y rediseños implementados en este prototipo se pretende aumentar la eficiencia de la máquina, salvaguardar la integridad del operador, reducir la merma que actualmente arroja el prototipo lo cual reducirá costos de producción.

JUSTIFICACIÓN

Inicialmente se plantea una problemática en el sistema de corte en una máquina peladora y cortadora de nopales del área de investigación el cual genera un interés particular para la implementación de los conocimientos adquiridos en ingeniería industrial; se observa como el sistema de corte presenta baja productividad, exceso de merma, no cuenta con elementos de seguridad (guardas de seguridad, barreras de seguridad, cortinas de seguridad, aparta hombres etc.) y tampoco cuenta con ayudas visuales(sistemas ANDON), por ende se desarrollará un rediseño para optimizar varios aspectos de interés con la finalidad de aumentar y mejorar la productividad del prototipo, brindando seguridad al operario a la hora de manipular el mismo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Mejorar el rendimiento de un prototipo de corte de nopal ajustando el diseño con ayuda de un software CAD y realizando mejoras al proceso.

Objetivos específicos

- a) Realizar una inspección visual al proceso de corte para observar las fallas en este.
- b) Analizar áreas de oportunidad en el proceso de corte donde se requiera una modificación.
- c) Evaluar las opciones de mejora de acuerdo con el diseño ya establecido.
- d) Definir lugares específicos a mejorar en el proceso de corte.
- e) Implementar mejoras y rediseño establecidos.
- f) Diseñar y elaborar los planos de los elementos no normalizados y selección de los normalizados.
- g) Elaborar tabla de costos de los materiales para el rediseño de la máquina.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

A) Inspección visual al proceso de corte para observar las fallas en este

En primer lugar, se hace una inspección de la máquina actual, la peladora de nopales funciona actualmente con la ayuda de un operario de la siguiente manera: el operario alimenta la maquina con la materia prima que es el nopal donde este pasa inicialmente por 4 rodillos de Nylamid los cuales cuentan con un diámetro de 10 cm y 15 ranuras alrededor para garantizar el correcto desespinado, posteriormente pasa al siguiente sistema que es el de corte donde un rodillo de 15 cm de diámetro con ranuras de 5 mm se insertan en una rejilla con cuchillas que hará que presione el nopal y por consiguiente este sea cortado para finalmente entregar tiras de nopal de aproximadamente 1 cm.

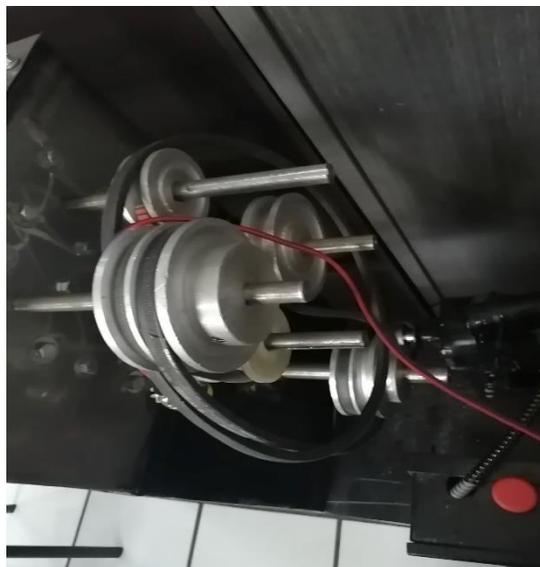
La máquina no cuenta con los elementos de seguridad para la integridad del personal, como lo son guardas de protección en transmisión de potencia. esto se puede observar en la imagen 1.

Imagen 1. Prototipo de desespinado y corte de nopal. (Elaboración propia)



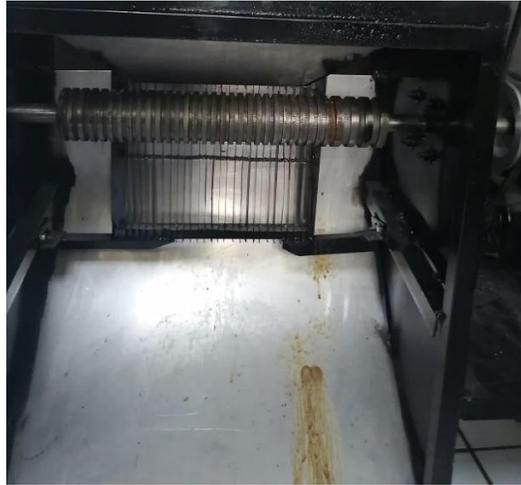
La máquina no cuenta con los elementos de seguridad para la integridad del personal, como lo son guardas de protección en transmisión de potencia, se observa en la imagen 2.

Imagen 2. Sistema de transmisión de potencia del prototipo. (Elaboración propia)



Las cuchillas del sistema de corte tienen que coincidir con las ranuras del rodillo para poder cortar el nopal y no coinciden por lo que el nopal no tiene un corte adecuado, como se puede observar en la imagen 3.

Imagen 3. *Proceso de corte del prototipo. (Elaboración propia)*



AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla)

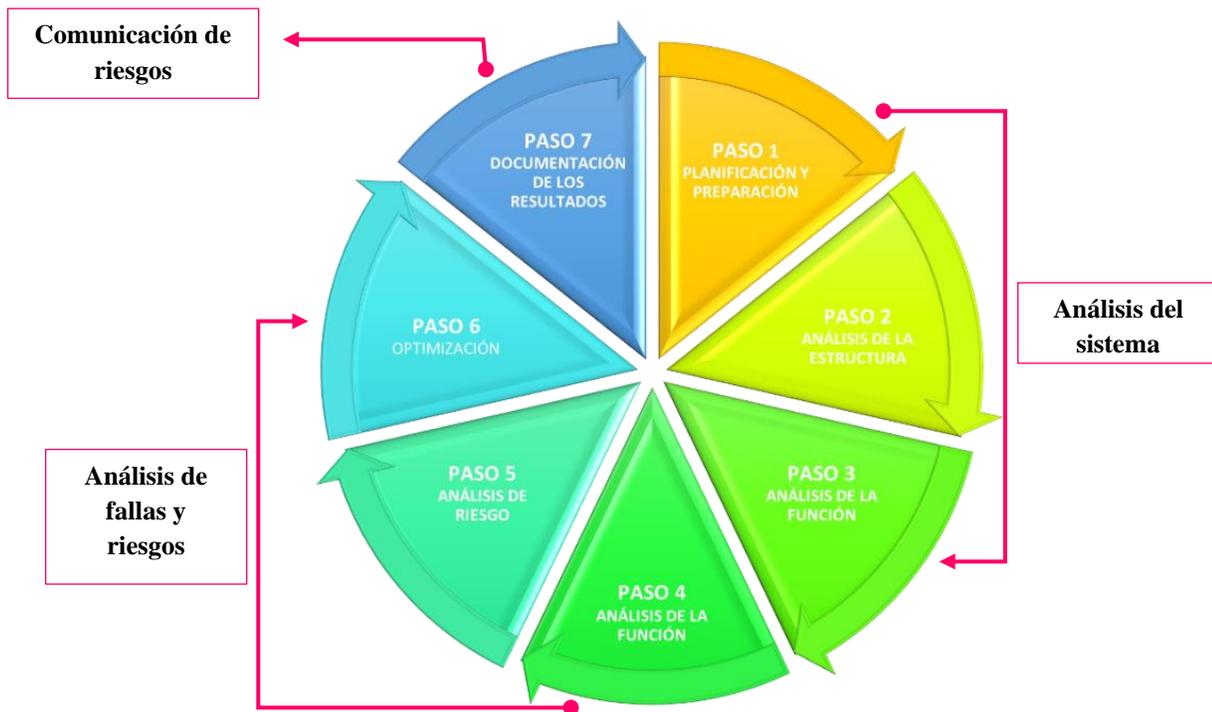
Es una herramienta técnica de análisis, aplicable a los sistemas con riesgos potenciales de no alcanzar los objetivos de fiabilidad y mantenibilidad, para los que han sido previstos, asimismo, cuantifica y evalúa el riesgo de fallo en los sistemas. El sistema puede ser un producto, un proceso de trabajo y un medio de producción. se analizan todas las características del producto y todas las operaciones (funciones) del proceso, de una forma exhaustiva buscando todas las maneras posibles de presentarse el fallo, es decir, buscando todos los posibles riesgos que se puedan presentar. (Mozo, 2019)

Los componentes y/o lugares críticos en el proceso de corte serán analizados mediante el método de análisis de modo y efecto de falla (AMEF), el cual es un método usado en las diferentes metodologías de diseño para evaluar y analizar el diseño que ya se tiene y así conocer sus puntos críticos con el fin de seleccionar soluciones, mejoras y rediseños óptimos para resolver la tarea propuesta. En nuestro caso, esta herramienta será muy eficiente, ya que para hacer un rediseño se debe pensar que componentes son los que hacen más crítico el diseño y pueden generar dificultades en el momento de cumplir la tarea para la cual fue diseñada la máquina.

La nueva versión del AMEF integra 7 pasos que permiten incrementar la calidad, confiabilidad, fabricación, utilidad y seguridad de un producto.

En la imagen 4 se muestra la metodología para desarrollar un AMEF de proceso que será el que utilizaremos para analizar los procesos del prototipo de desespinado y corte de nopal.

Imagen 4. Los 7 pasos de la estructura del FMEA AIAG & VDA. (elaboración propia)



Fase de diseño

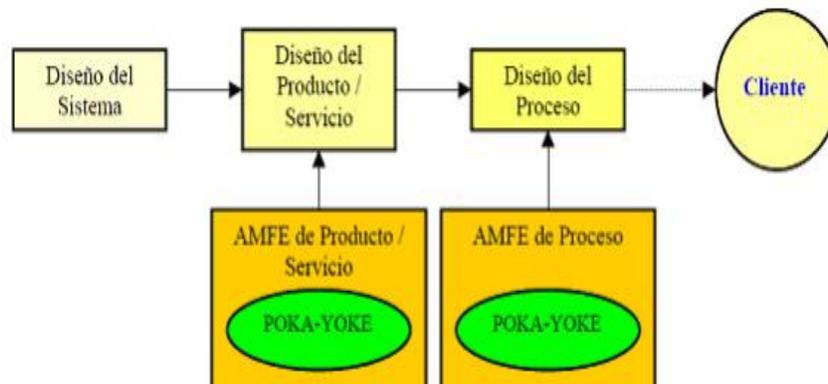
Con las problemáticas identificadas, lo siguiente será el rediseño del sistema existente, para esta etapa se debe generar alternativas de solución a las deficiencias establecidas por medio de diferentes metodologías, herramientas, lluvia de ideas, combinación de tecnologías, inversión de tecnología, etc. (Cruz Carvajal & Silva Gomez, 2020)

Implementación de dispositivos poka-yoke

Un poka-yoke es un dispositivo (generalmente) destinado a evitar errores; algunos autores manejan el poka-yoke como un sistema anti-tonto el cual garantiza la seguridad de la maquinaria ante los usuarios, proceso o procedimiento, en el cual se encuentren relacionados, de esta manera, no provocando accidentes de cualquier tipo.

Con el fin de potenciar la utilidad del poka-yoke, y no caer en la trampa tan común, de colocar poka-yokes, en forma indiscriminada (tener presente que el poka-yoke tiene un costo), Por lo cual se combinara con otra herramienta de calidad fundamentalmente con el AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla) que es una metodología que permite, en cada etapa del Diseño del Producto / Servicio o Proceso, decir qué Índice de riesgo existe. La priorización de acciones se basa en la combinación de los rangos de Severidad, Ocurrencia y Detección, a fin de priorizar acciones para reducción de riesgos. Por eso el AMEF y el POKA-YOKE tienen que estar hermanados, porque el AMEF es la herramienta dónde se justificara o no la aplicación de POKA-YOKE, como se muestra en la imagen 5. (Nucamendi Guillén , 2007)

Imagen 5. Evolución del proceso de cero defectos en las empresas. (Nucamendi Guillén , 2007)



Objetivo del poka-yoke

Los poka yokes tienen tres objetivos básicos:

- Paro
- Control
- Aviso

Características del poka-yoke

El poka-yoke tiene dos características importantes:

- Simplicidad: pequeños dispositivos de acción inmediata, muchas veces sencillos y económicos.
- Eficacia: Actúan por sí mismos en cada acción repetitiva del proceso, independientemente de la actuación del operario. (Ingeniería de calidad, 2020)

Implementación de sistema ANDON

Es un término de fabricación se refiere a un sistema de información para notificar a la gestión, mantenimiento y otros trabajadores de un problema de calidad o detención del proceso, a través de señales, permite al operador solicitar ayuda del personal de apoyo cuando se presentan condiciones anormales en su trabajo teniendo como objetivos el evitar paros en la producción, asegurando la operación y especificaciones de calidad en el tiempo que se tiene contemplado para esta operación y por último, brindar información sobre el comportamiento del proceso de producción, esto en base a los sistemas electrónicos que lo manejan.

ANDON significa pedir ayuda mediante un monitoreo automático, pero con un elemento humano que evidencia los problemas o defectos en el proceso a partir de luces y sonidos que son activados por el propio trabajador para corregir la condición anormal.

En el proceso de corte cada color que se disponga para cada incidencia o actividad representara el estado en que la maquina se encuentra, respetando la producción estándar, sin problemas de calidad y asegurando la integridad el operador. Los demás colores representan las categorías de fallo que se quieran identificar y se encienden cuando se produzca un fallo de la categoría correspondiente.

Tipos de sistemas ANDON

Andon básicos.

Los sistemas ANDON básicos tienen por objetivo cumplir con el principio “Pedir ayuda y/o avisar”.

Sistemas ANDON con Tablero de Control.

Los Sistemas Andon con Tablero de Control cuentan la producción en la línea de producción. Se conectan directamente a la máquina y muestran a los operadores el avance que dicha línea lleva.

Contador de Producción.

Este contador de producción tiene una entrada para conteo de piezas por medio de botón, un sensor, microswitch, salida del PLC o relevador. Tiene tres indicadores fijos: Meta, Producción y Diferencia.

Propósito del sistema ANDON.

El propósito primordial del sistema Andon es dar a conocer el estado actual en tiempo real de los módulos en la planta, mediante un Sistema Visual.

Beneficios.

Los beneficios que este sistema trae al proceso son demasiados; primero que todo el sistema Andon brinda soporte al mejoramiento continuo en seguridad, calidad, costo y a la gente. Es usado como una herramienta de comunicación formal que alerta a la Organización en la llamada para pedir ayuda en condiciones de proceso anormales. El proceso de respuesta de Andon debe poder soportar y corregir situaciones lo más rápido que sea posible. Pues el factor tiempo es el que determina la eficacia de este sistema, pues se debe recordar que lo que se busca es reducir el tiempo muerto. (Mairena Álvarez, 2018)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

a) Generalidades de la mecanización agrícola

En el campo agricultor la tecnología se vio implementada a partir de finales del siglo XIX, teniendo su auge en Europa y Estados Unidos, más adelante tuvo grandes desarrollos hacia el siglo XX, sin embargo, en la época actual en los países con menos desarrollo de tecnología la agricultura ha avanzado, pero es muy poca a comparación con la desarrollada en los países llamados potencias.

La mayor parte de las medidas de mecanización en la agricultura se producen por razones de economía en el trabajo:

- Para hacer que el trabajo resulte físicamente más fácil y menos fatigante.
- Para incrementar la productividad del trabajo (rendimiento por cada trabajador).

Máquinas agrícolas

Una máquina es un conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo con un fin determinado. Se agrupa bajo el concepto general de maquinaria agrícola toda la serie de máquinas y equipos que utilizan los agricultores en sus labores específicas. Una máquina agrícola es aquella que tiene autonomía de trabajo, funciona mediante un motor y mecanismos de transmisión (Méndez Morales & Betanco Ordoñez, 2016)

b) Herramientas computacionales para el modelado y validación de diseño

¿Por qué utilizar los softwares CAD?

El acrónimo en inglés significa diseño asistido por computadora, y sugiere que facilita la generación, modificación y optimización de un diseño para una habitación o serie de piezas más o menos complejas. Un software CAD puede ser muy específico, ya sea para diseño industrial, mecánico, de arquitectura o ingeniería aeronáutica.

Softwares CAD gratuitos para principiantes

➤ **BlocksCAD**

BlocksCAD se creó específicamente con fines educativos, sobre todo para su uso en el aula. Se desarrolló con el fin de que sus usuarios pudieran utilizar posteriormente con facilidad OpenSCAD, un software de CAD más profesional. De hecho, los comandos para el desarrollo de los objetos y sus transformaciones están representados por bloques de colores, que recuerdan a los de LEGO para hacerlo más amigable a los niños. El código de BlocksCAD es totalmente compatible con el de OpenSCAD, por lo que puedes dar un último retoque a tus modelos allí. Los formatos de exportación pueden ser OpenSCAD o STL.

➤ **FreeCAD**

FreeCAD es una herramienta de modelado 3D paramétrica, totalmente gratuita y de código abierto que te permite diseñar objetos reales de todos los tamaños. El lado paramétrico facilita la edición. Podrás ver el historial de tu modelo y cambiar su configuración para obtener cosas diferentes. Este software no está diseñado para uso profesional, pero es una buena herramienta de capacitación.

➤ **TinkerCAD**

TinkerCAD es la aplicación de diseño 3D online 100% gratuita de Autodesk para principiantes. Disponible actualmente en 16 idiomas, el programa se basa en la construcción de bloques, lo que permite desarrollar modelos a partir de un conjunto de formas básicas: cilindros, triángulos, círculos, conos, etc. Puedes mover, rotar y visualizar cualquier forma. TinkerCAD también ofrece funciones adicionales, como añadir circuitos electrónicos o escribir programas. Los modelos 3D pueden guardarse en formato STL, OBJ o SVG.

Softwares CAD de nivel intermedio

➤ **CREO**

Creo es una solución de CAD en 3D que se centra en la innovación rápida de productos y promete fabricar mejores productos más rápidamente. El software CAD se considera fácil de aprender y guía al usuario desde el diseño inicial hasta la fabricación del producto final más allá. Con el uso de Creo, se pueden utilizar funcionalidades potentes y probadas en combinación con nuevas tecnologías como el diseño generativo, la realidad aumentada y, por supuesto, la fabricación aditiva.

➤ **Fusión 360**

Desarrollado por Autodesk, el programa Fusion 360 consiste en una plataforma de software basada en la nube. Se utiliza principalmente para el diseño de producto y modelado 3D, CAD, CAM y PCB. La posibilidad de trabajar en línea permite reunir a los equipos de diseño y colaborar en proyectos complejos a la vez. Además de guardar todo el historial del proceso, ofrece diferentes opciones de diseño, incluyendo el modelado de formas libres, sólidos y estructuras de celosía. También garantiza la viabilidad de la fabricación con herramientas de simulación y diseño

generativo. Si quieres guardar tu diseño para poder imprimirlo en 3D, con Fusion 360 podrás exportarlo en formatos como STL o OBJ.

Softwares CAD profesionales

➤ Software 4D_Additive

Desarrollado por la empresa francoalemana CoreTechnologie, el software 4D_Additive ofrece a sus usuarios la posibilidad de reparar todo tipo de modelos y propone una modelización en geometría exacta. Con numerosas funciones para la preparación optimizada de los modelos CAD, 4D_Additive ofrece, por ejemplo, funciones de análisis que pueden determinar la mejor orientación de la pieza y llenar la plancha de impresión de forma ideal.

➤ AutoCAD

El software AutoCAD de Autodesk fue uno de los primeros programas CAD que se lanzaron en 1982. Aunque AutoCAD es muy popular y se utiliza ampliamente, no es el más fácil de usar para el modelado 3D. De hecho, la curva de aprendizaje para dominar macros y scripts es bastante difícil. El software está dirigido a profesionales con experiencia en la programación de modelos algorítmicos. Los modelos 3D se pueden convertir fácilmente en archivos STL para la impresión 3D. Desde 2010, AutoCAD también está disponible en una aplicación móvil y web llamada AutoCAD 360.

➤ CATIA

CATIA es la solución líder en el mundo para el diseño y la experiencia de productos, utilizada por empresas líderes en todos los sectores para desarrollar los productos que vemos y utilizamos cada día. La solución CATIA CAD permite a los arquitectos de sistemas, ingenieros, diseñadores y profesionales de la construcción crear diseños en la nube que eliminan las limitaciones que les imponen los métodos tradicionales de entrega de proyectos. Esta solución 3D EXPERIENCE

incluye una amplia gama de herramientas de modelado 3D que cubren todas las fases de diseño y construcción.

➤ **OpenSCAD**

El software OpenSCAD es un software para crear modelos CAD 3D sólidos. Este software es totalmente gratuito y de código abierto, y está disponible para GNU/Linux, Microsoft Windows y Mac OS. A diferencia de la mayoría de los programas gratuitos para crear modelos 3D (como el conocido Blender), OpenSCAD no se centra en los aspectos artísticos del modelado 3D, sino que se centra en aspectos CAD.

➤ **Rhino 7**

Rhino es conocido por ser un modelador 3D increíblemente versátil. El software comercial de gráficos por ordenador y CAD utiliza un modelo preciso y matemático conocido como NURB, que permite a los usuarios manipular puntos, curvas, mallas, superficies, sólidos y mucho más. Uno de los puntos fuertes de Rhino3D es su amplia gama de funciones de diseño. Desde la actualización a la versión 7, los usuarios también pueden crear formas orgánicas con las nuevas herramientas SubD. Estas herramientas funcionan muy bien con otra novedad de la versión 7 llamada Quadmesh, que permite a los usuarios hacer una malla cuádruple a partir de superficies existentes, sólidos otras mallas, y los nuevos Sub-D, un nuevo tipo de geometría, que puede crear formas con más precisión que antes.

➤ **Siemens NX**

Siemens no es sólo un conglomerado multinacional y una de las mayores empresas de fabricación industrial del mundo, sino que también es muy conocida en el campo de la fabricación aditiva. Por lo tanto, no es de extrañar que la empresa ofrezca su propio software de CAD integrado. En realidad, esta oferta profesional combina CAD, CAM y CAE en un solo software con diferentes

características según el precio. La empresa señala que ha sido diseñado para dar soporte a todos los aspectos del desarrollo de productos, desde el diseño conceptual (con CAD) hasta la ingeniería y la fabricación, gracias a un conjunto de herramientas integradas que agilizan todo el proceso.

➤ **SolidWorks**

Desarrollado por la empresa francesa Dassault Systèmes, este software es uno de los más conocidos del mercado. Utiliza diseño paramétrico, generando tres tipos de archivos: pieza, ensamblaje y dibujo. Solidworks incluye una amplia gama de características, como herramientas de validación de diseño o ingeniería inversa. Usado a menudo para piezas industriales, es práctico y muy detallado. A diferencia de muchos otros programas CAD que imitan curvas con estructuras planas ligeramente inclinadas, Solidworks utiliza un sistema NURBS, que ofrece curvaturas muy detalladas. (Contreras, 2022)

El software para diseño asistido por computadora (CAD) que utilizaremos será SolidWorks, ya que permite el desarrollo de diseños tridimensionales a partir de los cuales pueden producirse vistas ortogonales convencionales. SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D que integra herramientas de productividad y simulación por elemento finito que lo hace uno de los estándares de diseño mecánico. (Hernández Alvarado, 2015)

c) **Antecedentes de máquinas de corte nopal**

➤ *En la imagen 6 se muestra una cortadora de tiras de nopal marca ÁLVAREZ MAQ*

Descripción

Equipo para cortar en tiras las pencas de nopal (normalmente se usa esta máquina después de pasar por la desespinaadora y la desorilladora).

Características

Motor: monofásico 110 V

Dimensiones: 300mm x 700mm x 500 mm de altura

Peso: 60Kg

Capacidad de producción: 120 Kg / hr

Materiales de construcción: Acero inoxidable tipo 304

Tamaño de corte (una opción): ¼” (6.35 mm), 3/8” (9.5 mm), ½” (12.7 mm).

Imagen 6. Cortadora de tiras de nopal marca ÁLVAREZ MAQ. (Alvarez Padi , 2012)



➤ **En la imagen 7 se muestra una cortadora de nopal marca JERSA**

Descripción

Consta de un mueble construido en acero inoxidable tipo 304, bases con ruedas, banda de alimentación, rodillo de hule sanitario, rodillo con cuchillas, hélice de cuchillas, tolva de descarga y motor. Su diseño permite una fácil y rápida limpieza del equipo.

Características

Producción: hasta 200 kg / hr

Corte ajustable para diferentes largos de tira: 8.0, 4.0, 2.0, 1.0cm.

Ancho de tira: 1.0 cm

Especificaciones técnicas

Mueble en Al tipo 304

Bases de ruedas con freno

Banda ahulada para alimentación

Rodillo con cuchillas circulares para corte longitudinal

Hélice con cuchillas rectas para corte transversal

Motor de 1.0 HP

Tolva de descarga.

Imagen 7. Cortadora de nopal marca JERSA (Alvarado Patiño, 2018)



➤ **En la imagen 8 se muestra una desorilladora de nopal *ÁLVAREZ MAQ***

Descripción

Equipo diseñado para cortar la orilla del nopal (Después de haber pasado por la desespinaadora que remueve las espinas de las caras.)

La alimentación de las pencas es manual por la parte media de la estructura entre el cortador y la base de apoyo. La guarda evita posible contacto de las manos del operador con el cortador. Puede ajustarse la distancia de corte de orillas con un tope ajustable según la variedad de nopal a desespinar.

Características

80 kg/hr.

Equipo de fácil uso. En unos pocos minutos se puede llegar a una buena producción y es de absoluta seguridad en su manejo.

Especificaciones técnicas

Potencia del Motor: Monofásico 110 V

Dimensiones: 250 mm x 300 mm x 200 mm

Materiales de construcción: Acero inoxidable tipo 304

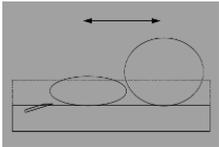
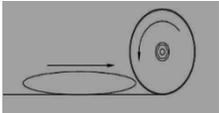
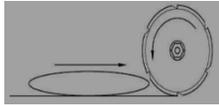
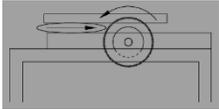
Distancia de corte de orillas: Ajustable (desde 3 mm)

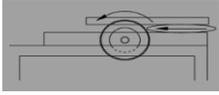
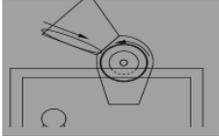
Peso: 10 Kg.

Imagen 8. Desorilladora de nopal marca ÁLVAREZ MAQ. (Alvarez Padi , 2012)



d) Propuestas para construcción de mecanismos de corte de nopal

SOLUCIONES	HERRAMIENTA DE CORTE	NOPAL	POSICIÓN DEL NOPAL.	MECANISMO
<p>CANAL RECTANGULAR CON CUCHILLA TRANSVERSAL. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Cuchilla fija angulada. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Manual con Movimiento alternativo para corte en rebanadas. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Horizontal/vertical. (Silva Santos, 2008)</p>	<p><i>Imagen 9. Cuchilla fija angulada.</i> (Silva Santos, 2008)</p> 
<p>DISCOS CON CIRCUNFERENCIA AFILADA. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Disco de circunferencia afilado giratorio en un eje. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Horizontal con avance manual. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Horizontal y transversal a la herramienta de corte. (Silva Santos, 2008)</p>	<p><i>Imagen 10. Disco de circunferencia afilado giratorio en un eje.</i> (Silva Santos, 2008)</p> 
<p>DISCO DE 6 MUESCAS CIRCUNFERENCIALES. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Disco dentado giratorio en un eje. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Horizontal con avance manual. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Horizontal y transversal a la herramienta de corte. (Silva Santos, 2008)</p>	<p><i>Imagen 11. Disco dentado giratorio en un eje.</i> (Silva Santos, 2008)</p> 
<p>37 DISCOS DENTADOS, SEPARACIÓN ENTRE DISCOS 6,35 MM. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Disco giratorio de 100 dientes. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Alimentación manual en dirección contraria al giro de la herramienta de corte. (Silva Santos, 2008)</p>	<p>Horizontal y transversal a la herramienta de corte. (Silva Santos, 2008)</p>	<p><i>Imagen 12. Disco giratorio de 100 dientes.</i> (Silva Santos, 2008)</p> 

37 DISCOS DENTADOS, SEPARACIÓN ENTRE DISCOS 6,35 MM. (Silva Santos, 2008)	Disco giratorio de 100 dientes. (Silva Santos, 2008)	Alimentación orientada en dirección de giro de la herramienta de corte. (Silva Santos, 2008)	Horizontal. (Silva Santos, 2008)	<p>Imagen 13. Disco giratorio de 100 dientes. (Silva Santos, 2008)</p> 
37 DISCOS MONTADOS CONJUNTAMENTE. (Silva Santos, 2008)	Disco giratorio de 100 dientes. (Silva Santos, 2008)	Caída por peso y gravedad con ligero empuje manual. (Silva Santos, 2008)	Inclinado 36°. (Silva Santos, 2008)	<p>Imagen 14. Disco giratorio de 100 dientes.</p> 

e) Conceptos clave

➤ *Definición de prototipo*

Un prototipo es una herramienta que se utiliza para crear el primer ejemplar de una idea, y es necesario establecer sus características para llevar a cabo diferentes pruebas que conducirán al producto o servicio final. Al definirlo se debe tener claro qué aspecto(s) se está(n) probando en lugar de enfocarse en la generalidad, para así lograr un resultado óptimo. (Universidad San Sebastián, 2021)

➤ *Definición de mejora continua*

La mejora continua es la parte de la gestión encargada de ajustar las actividades que desarrolla la organización para proporcionarles una mayor eficacia y/o una eficiencia. (Aguirre Vara, 2014)

➤ *Definición de rediseño*

El rediseño consiste en modificar el actual proceso defectuoso. Se inicia tan pronto como se complete la etapa de análisis del proceso actual. El proyecto de un nuevo proceso se desarrolla para cumplir con los nuevos objetivos y estrategias de la organización, los cambios de base tecnológica, las alteraciones de las expectativas del cliente, los cambios legales, la obsolescencia de los sistemas y equipos, corregir las disfunciones verificadas e incorporar las mejoras necesarias. (HEFLO, 2017)

➤ ***Definición de proceso***

Un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra , 2008)

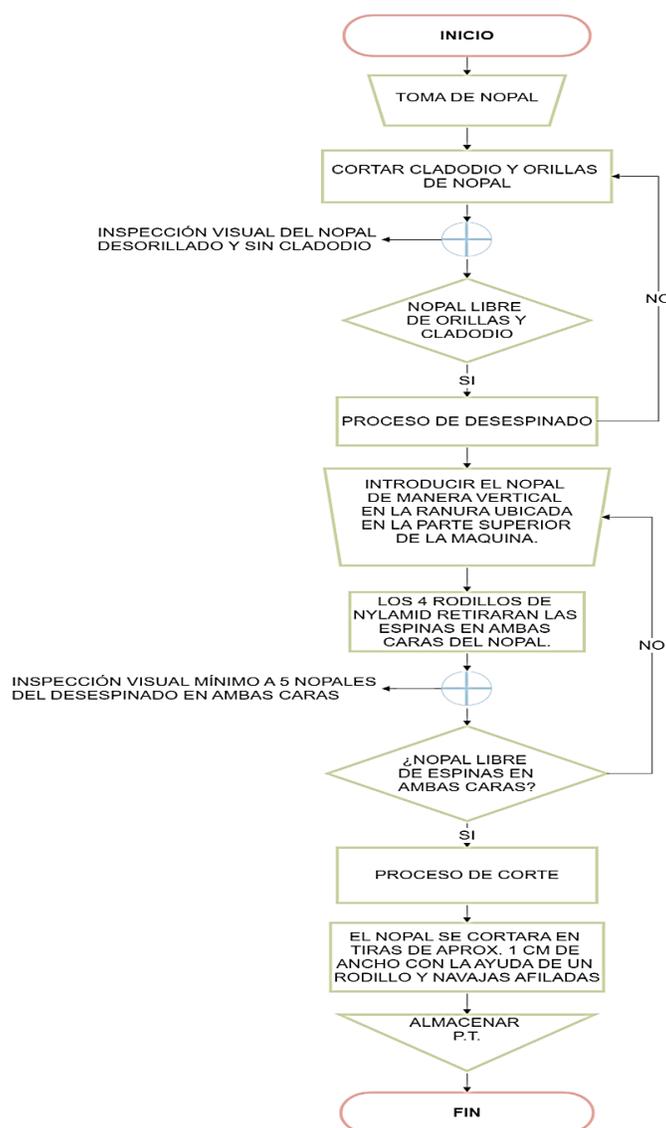
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la inspección visual que se realizó al inicio de la **METODOLOGIA** para observar el estado actual de la maquina, procedemos a realizar un FMEA con el fin de analizar, evaluar y definir las mejoras que se realizaran.

A) En base al OBJETIVO ESPECÍFICO B, C Y D se realizó la identificación del objeto de aplicación e información previa para el desarrollo del FMEA VDA & AIAG.

Imagen 15. Diagrama de flujo de proceso de desespinado y corte. (Elaboración propia)



A.1) Desarrollo de FMEA AIAG & VDA bajo el enfoque de los 7 pasos para la identificación de puntos críticos en el prototipo de desespinado y corte de nopal.

1) Análisis de la estructura.

Con el análisis de la estructura se identificarán los procesos es por ello que anteriormente se realizó un diagrama de flujo este paso tendrá como objetivo un entendimiento completo de los procesos, como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis estructural del FMEA AIAG & VDA (Elaboración propia)

Análisis estructural		
1. ítem/Artículo del proceso sistema, subsistema, elemento de la parte o nombre del proceso	2.- Paso del proceso, número de estación y nombre del elemento de enfoque/central	3.- Elemento de trabajo del proceso (tipo 4M)
Proceso de desorillado y corte de cladodio	Quitar espinas de las orillas y tallo del nopal	Materiales
Proceso de desespinado	Quitar espinas de el nopal	Maquinaria
		Maquinaria
		Mano de obra
Proceso de corte	Realizar corte de nopal en tiras	Maquinaria
		Maquinaria
		Mano de obra

2) Análisis de la Función

Usando el Análisis de la Estructura, desarrollada en el paso 1, cada elemento es analizado separadamente en términos de funciones y requisitos correspondientes, cómo se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Análisis funcional FMEA AIAG & VDA del prototipo de corte y desespinado. (Elaboración propia)

Análisis funcional		
1.- Función del ítem/Artículo del proceso, función del sistema, subsistema, elemento, parte o proceso	2.- Función del paso del proceso y característica del producto (Valor cuantitativo es opcional)	3.- Función del proceso, elemento del trabajo y característica del proceso
Nopal sin orillas y sin cladodio para pasar al proceso de desespinado	Nopal libre de espinas en las orillas y sin cladodio	Nopal sin orillas ni cladodios
Nopal 100% desespinado para pasar al proceso de corte	Nopal libre de espinas en sus caras en un 100%,	Velocidad de 60 revoluciones por minuto
Nopal 100% desespinado para pasar al proceso de corte	Nopal libre de espinas en sus caras en un 100%	Rodillos de naylamid con un acabado optimo
Nopal 100% desespinado para pasar al proceso de corte	Nopal libre de espinas en sus caras en un 100%	Operación de la maquina correctamente
Corte de nopal	Nopal cortado en tiras de 1 cm aprox.	Filo en las navajas de corte
Corte de nopal	Nopal cortado en tiras de 1 cm aprox.	Navajas alineadas con las ranuras del rodillo
Corte de nopal	Nopal cortado en tiras de 1 cm aprox.	Operación de la maquina correctamente

3) Análisis de la falla

En el paso 3, el concepto de “cadena de fallas” es usado para entender y visualizar las imperfecciones en el proceso. Esta cadena está compuesta por el modo, efecto y por la causa de la falla, como se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis de fallas FMEA AIAG & VDA del prototipo de corte y desespinado .(Elaboración propia)

Análisis de fallas			
1.- Efecto (s) de la falla (EF) en el elemento próximo y de mayor nivel y/o usuario final	Severidad (S) del EF	2.- Modo de la Falla (MF) del elemento de enfoque central	3.- Causa (s) de la falla (CF) del elemento de trabajo
Retrabajo	5	Nopal con orillas y tallo	Falta de mecanismo para retirar las orillas y cladodio
Retrabajo,Exceso de merma	5	Nopal con exceso de espinas	Menos de 60 revoluciones por minuto
Retrabajo,Exceso de merma	5	Nopal con exceso de espinas	Rodillos desgastados
Retrabajo,Exceso de merma	5	Nopal con exceso de espinas	Falta de capacitacion,Falta de elementos de seguridad en la maquina para el operario
Retrabajo,Exceso de merma,corte de nopal inadecuado	6	Nopal con corte inadecuado,que no corte el nopal	Navajas de corte sin filo
Retrabajo,Exceso de merma,corte de nopal inadecuado	6	Nopal con corte inadecuado,que no corte el nopal	Mal diseño del arbol de navajas
Retrabajo,Exceso de merma,corte de nopal inadecuado	6	Nopal con corte inadecuado,que no corte el nopal	Falta de capacitacion,Falta de elementos de seguridad en la maquina para el operario

4) Análisis de riesgo

En el Paso 4, es evaluada la Gravedad, Ocurrencia y Detección de cada cadena de fallas. Un nivel de prioridad de acción “Alto, Mediano o Bajo” es obtenido con base en las evaluaciones, conforme es indicado en las Tablas de Prioridades de Acción, como se puede observar en la Tabla 4.

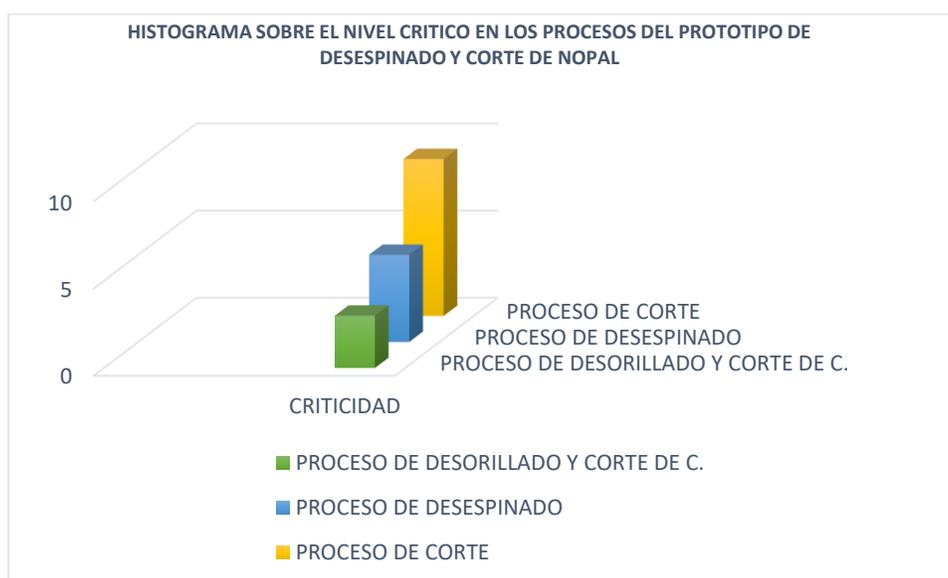
Tabla 4. Análisis de riesgo FMEA AIAG & VDA del prototipo de corte y desespinado. (Elaboración propia)

Análisis de riesgo					
Controles de prevención (CP) actuales de la CF	Ocurrencia (O) de la CF	Controles de detección (CD) actuales de la CF o MF	Detección (D) de la CF o MF	Priorización (PA) de acciones del AMEFP	Características especiales
Ninguno	10	Inspeccion visual	6	H	
Variador de velocidad	5	Inspeccion visual	6	L	
Mantenimiento	5	Plan de mantenimiento	6	L	
Ninguno	10	Ninguno	6	H	
Ninguno	10	Ninguno	6	H	
Ninguno	10	Ninguno	6	H	
Ninguno	10	Ninguno	6	H	

Resultados del FMEA

En base al FMEA se evaluó cada proceso de acuerdo con las tablas de detección, ocurrencia y severidad las cuales al realizar una combinación de estas nos da como resultado AP (acciones prioritarias) que pueden ser bajo, medio y alto, posteriormente se realizó un histograma para identificar el proceso con mayor criticidad y en el cual nos vamos a enfocar para realizar acciones que ayuden a mejorar dicho proceso, cómo se puede observar en la imagen 16.

Imagen 16. Histograma sobre el nivel crítico en los procesos del prototipo de desespinado y corte de nopal. (Elaboración propia)



Como se puede observar en la imagen 16 el proceso más crítico es el proceso de corte por ende será en el que nos enfocaremos iniciando por un rediseño del árbol de navajas que es el componente que hace mas deficiente al proceso de acuerdo con la severidad que presenta al evaluarlo con las tablas de severidad del FMEA.

5) Optimización

El objetivo principal en esta etapa de optimización será desarrollar acciones para reducir los riesgos y aumentar la satisfacción del cliente, mejorando el proceso, cómo se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5. Optimización del FMEA AIAG & VDA del prototipo de corte y desespinado. (Elaboración propia)

Optimización del AMEFP												
Acciones preventivas	Acciones de detección	Nombre (s) de la (s) persona (s) responsable (s)	Fecha compromiso	Status	Acciones tomadas con indicadores para evidencia	Fecha de terminación	Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Características Especiales	Priorización de acciones (PA) del AMEFP	Observaciones
Implementacion de mecanismo de corte para las orillas y cladodio	inspeccion visual											
Control de la velocidad por debajo de 60 rpm numero de RPM	Inspeccion visual al producto en proceso	Produccion			Variador de velocidad implementado		5	5	6		L	
Mantenimiento preventivo	Inspeccion visual	Mantenimiento			Plan de Mantto.		5	5	6		L	
Capacitacion al operador, implementacion de guardas de seguridad,POKA-YOKE vinculado a un sistema	Plan de capacitacion				Capacitacion ok		6	6	5		M	
Mantto preventivo	Plan de mantto.	Mantto.			Plan de mantto ok		5	5	6		L	
Rediseño del arbol de navajas	Inspeccion visual y tactil a la alineacion del arbol de navajas con las ranuras del rodillo	Diseño			Rediseño ok		5	5	6		L	
Capacitacion al operador, implementacion de guardas de seguridad,POKA-YOKE vinculado a un sistema andon	Checklist para capacitacion del operador				Capacitacion OK,Guardas Implementadas y dispositivos POKA-YOKE OK		6	6	5		M	

B) En base al OBJETIVO ESPECÍFICO E se realizó el proceso de diseño a través del método Pahl & Beitz Engineering Design.

El método Phal & Beitz Engineering Design propone 4 fases basadas en el diseño alemán, para el rediseño de las partes del prototipo de desespinado y corte de nopal haremos uso de este método.

1) Clarificar tarea

A través de una tabla se determinarán los requerimientos que las alternativas necesitan cumplir, cómo se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Tabla de requerimientos para el rediseño de las partes del prototipo.

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO		
USO	SEGURIDAD	Evitar cualquier riesgo al usuario durante su traslado o durante el
	REPARACIÓN	En caso de que el elemento sufra alguna anomalía el usuario debe obtener repuestos compatibles en
	TRANSPORTACIÓN	El elemento debe ser de fácil desensamblaje si así lo requiere
	MANIPULACIÓN	Adecuada relación biomecánica entre el producto y el usuario.
	MANTENIMIENTO	Fácil limpieza interior y exterior. Superficies y partes de fácil acceso.
FUNCIONALES	MECANISMOS	Componentes eléctricos integrados al diseño.
	VERSATILIDAD	Mecanismo ajustable a distintas distancias horizontales
	RESISTENCIA	Debe soportar desgastes generados por ligeros roces.
	ACABADO	Debe tener excelentes acabados para competir en el mercado. Debe contener
ESTRUCTURALES	UNIÓN	Se debe tener en cuenta la soldadura, uniones remachadas, tornillos y
	ANTIDAD DE COMPONENTE	El número de piezas deberá ser controlado para no aumentar demasiado el
TECNICO-PRODUCTIVOS	MANO DE OBRA	Interpretación de planos de manufactura, conocimiento en maquinado, conocimiento
	MODO DE PRODUCCIÓN	La organización del trabajo requerida será de manera artesanal y por
	NORMALIZACION	AISI 304
	MATERIAS PRIMAS	En su mayoría los componentes deberán ser de materiales atóxicos

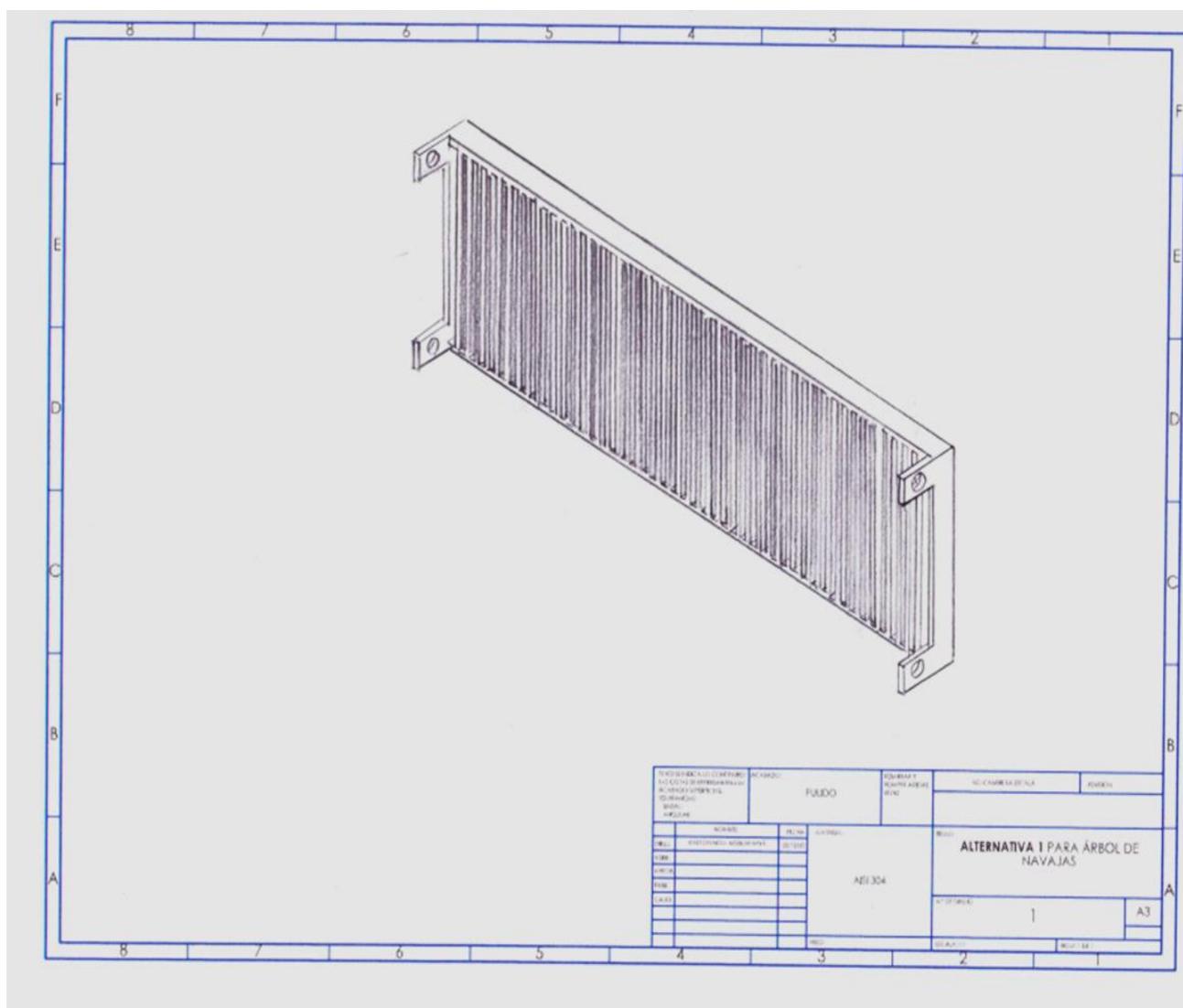
2) Diseño conceptual

En esta fase se generan alternativas de diseño y a su vez comenzar a evaluar las diferentes alternativas para poder elegir la más optima.

Alternativa 1

La alternativa es de una sola pieza.

Imagen 17. Boceto de la alternativa 1 para el rediseño del árbol de navajas. (Elaboración propia)



Alternativa 2

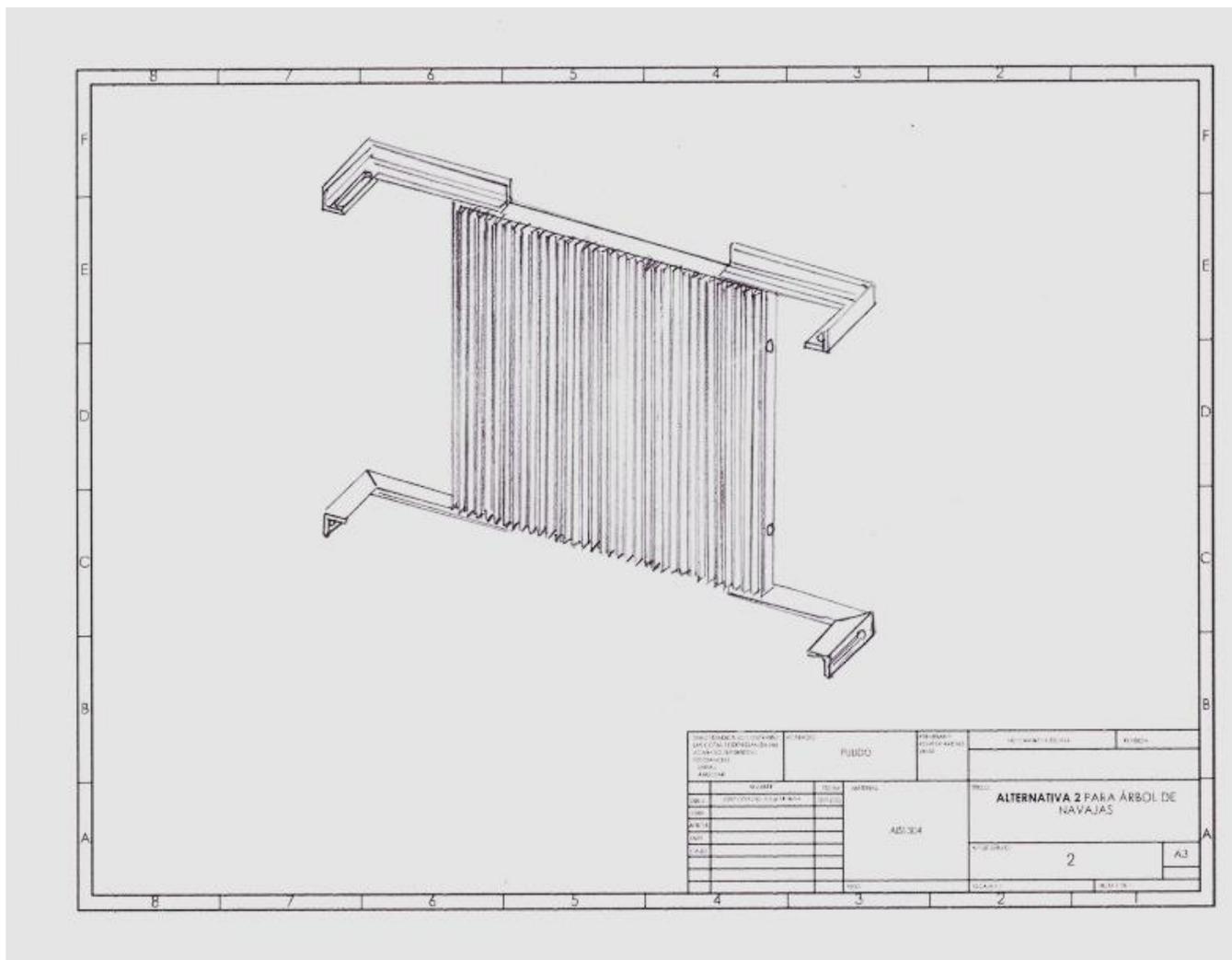
La alternativa 2 consta de mas componentes por lo que se realizaron tambien los bocetos de todos los componentes que conforman esta alternativa a continuación se mencionan.

2.1 Componente principal: Estructura del árbol de navajas

2.3 Componente secundario: Cuchilla de doble filo

2.3 Componente secundario: Distanciador de cuchillas (vertical)

Imagen 18. Boceto de la alternativa 2 para el rediseño del arbol de navajas.(Elaboración propia)

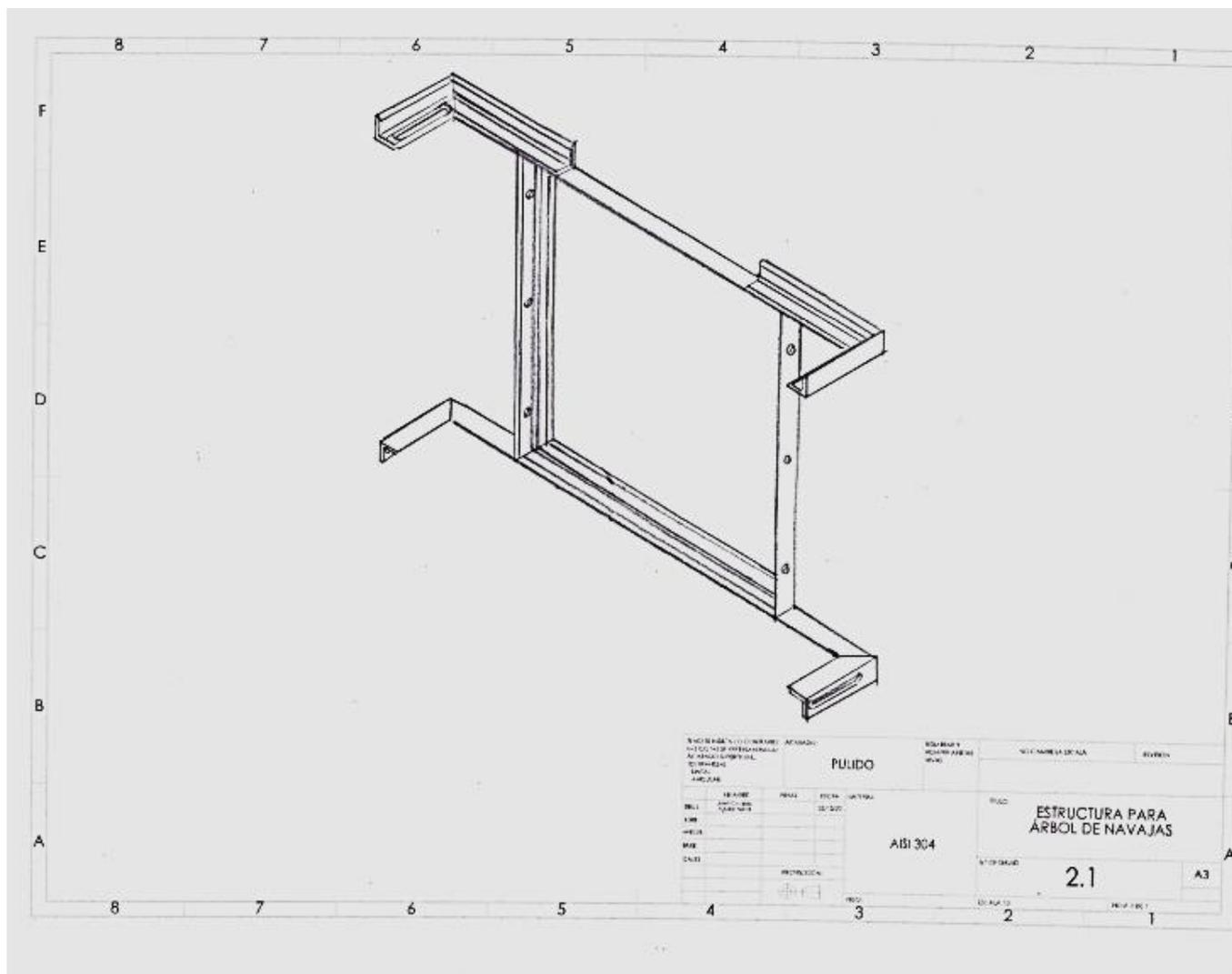


Componente principal

2.1 Estructura

La función de la estructura será alojar los separadores y las navajas de corte.

Imagen 19. Boceto del componente principal 2.1 (Estructura) de la alternativa 2. (Elaboración propia)

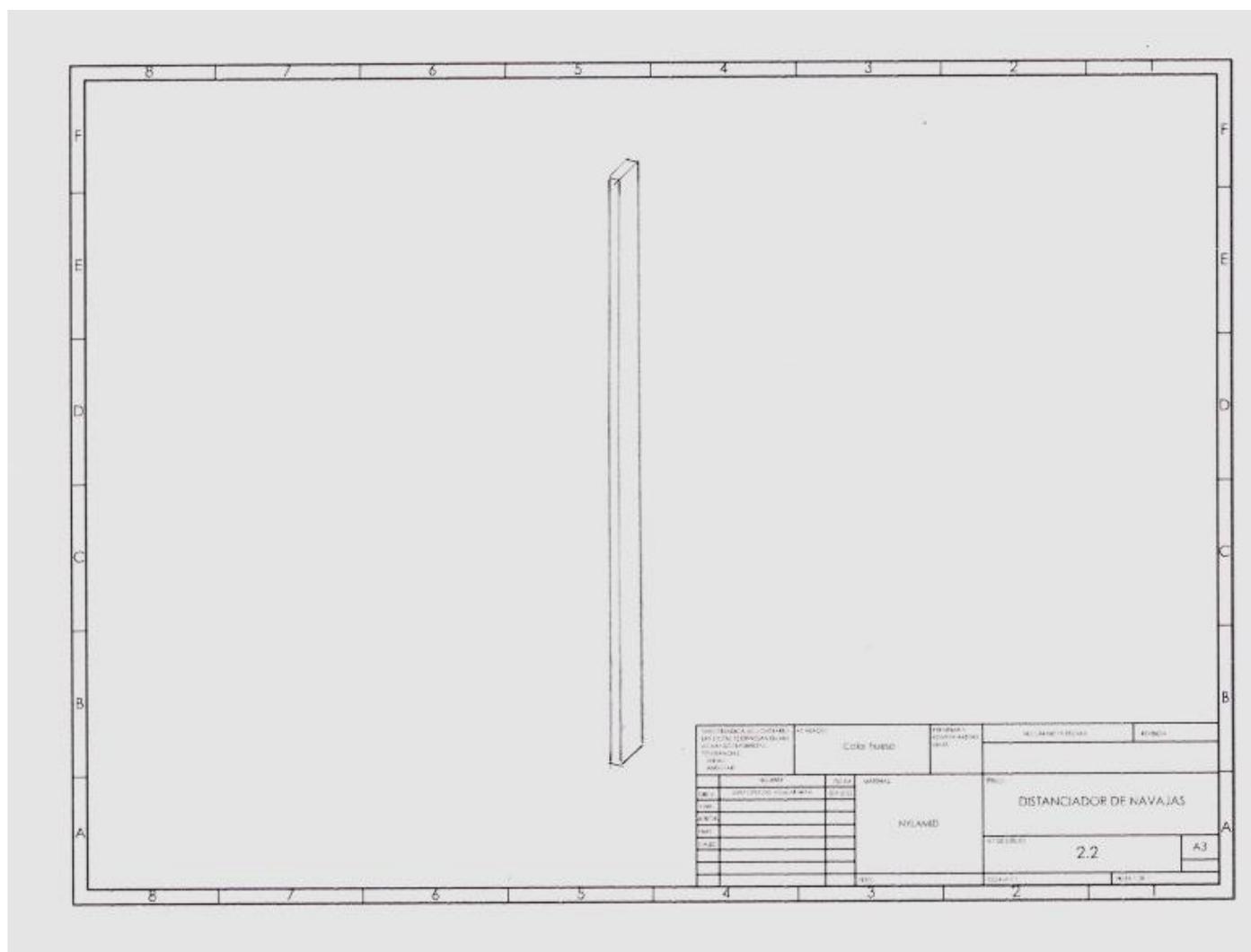


Componente secundario

2.2 Espaciador de navajas(vertical)

La función del distanciador será dar una separación de 5 mm entre cuchilla y cuchilla con el fin de que todas las cuchillas coincidan con las ranuras del rodillo de corte y el corte del nopal sea el adecuado.

Imagen 20. Boceto del componente secundario 2.2 (Espaciador de navajas vertical) de la alternativa 2. (Elaboración propia)



Alternativa 3

La alternativa 3 consta de mas componentes por lo que se realizaron tambien los bocetos de todos los componentes que conforman esta alternativa a continuación se mencionan.

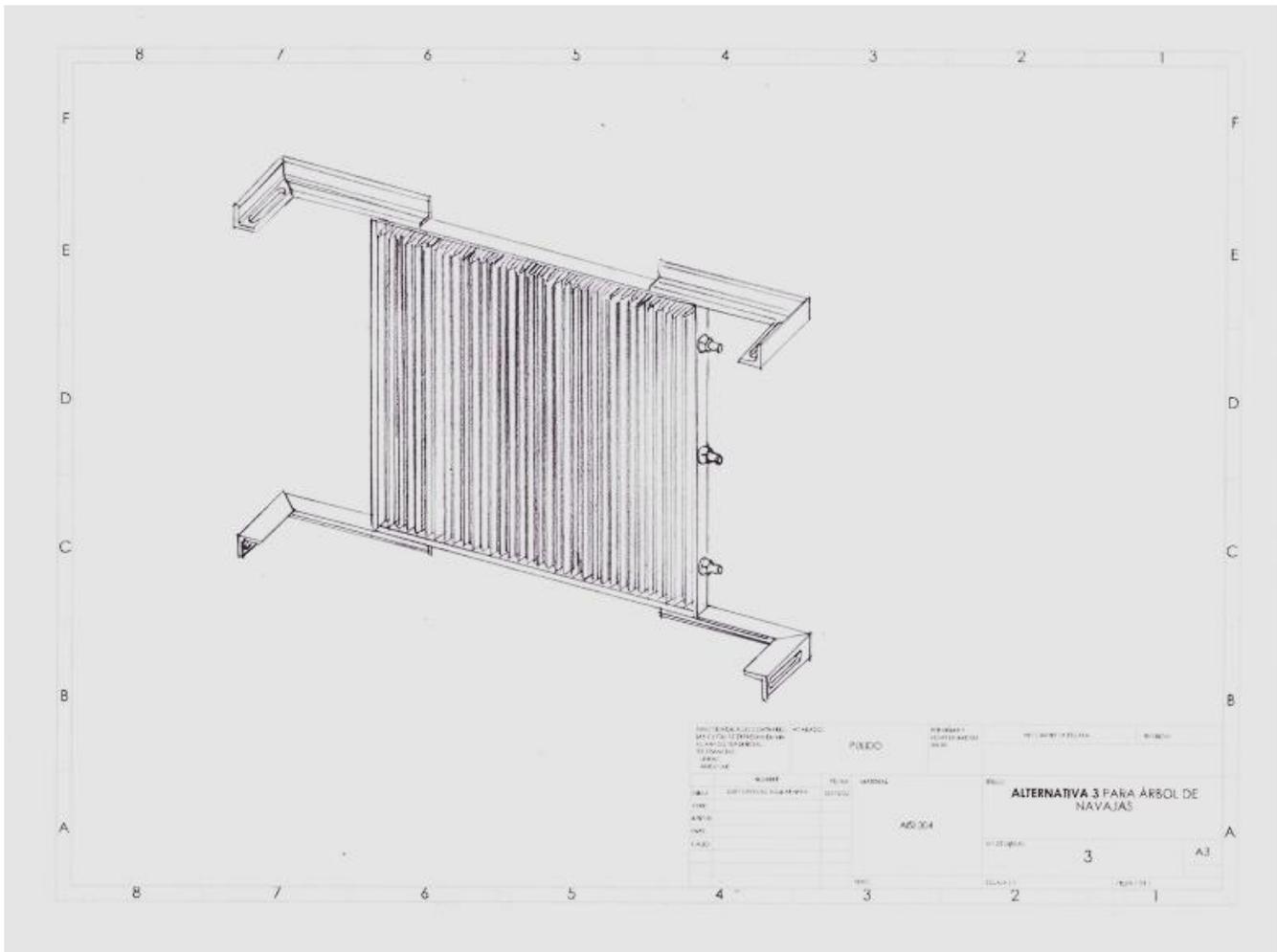
3.1 Componente principal: Estructura

3.2 Componente secundario: Espaciador

3.3 Componente secundario: Varilla roscada

3.4 Componente secundario: Cuchilla de un solo filo

Imagen 22. Boceto de la alternativa 3 para el rediseño del árbol de navajas. (Elaboración propia)

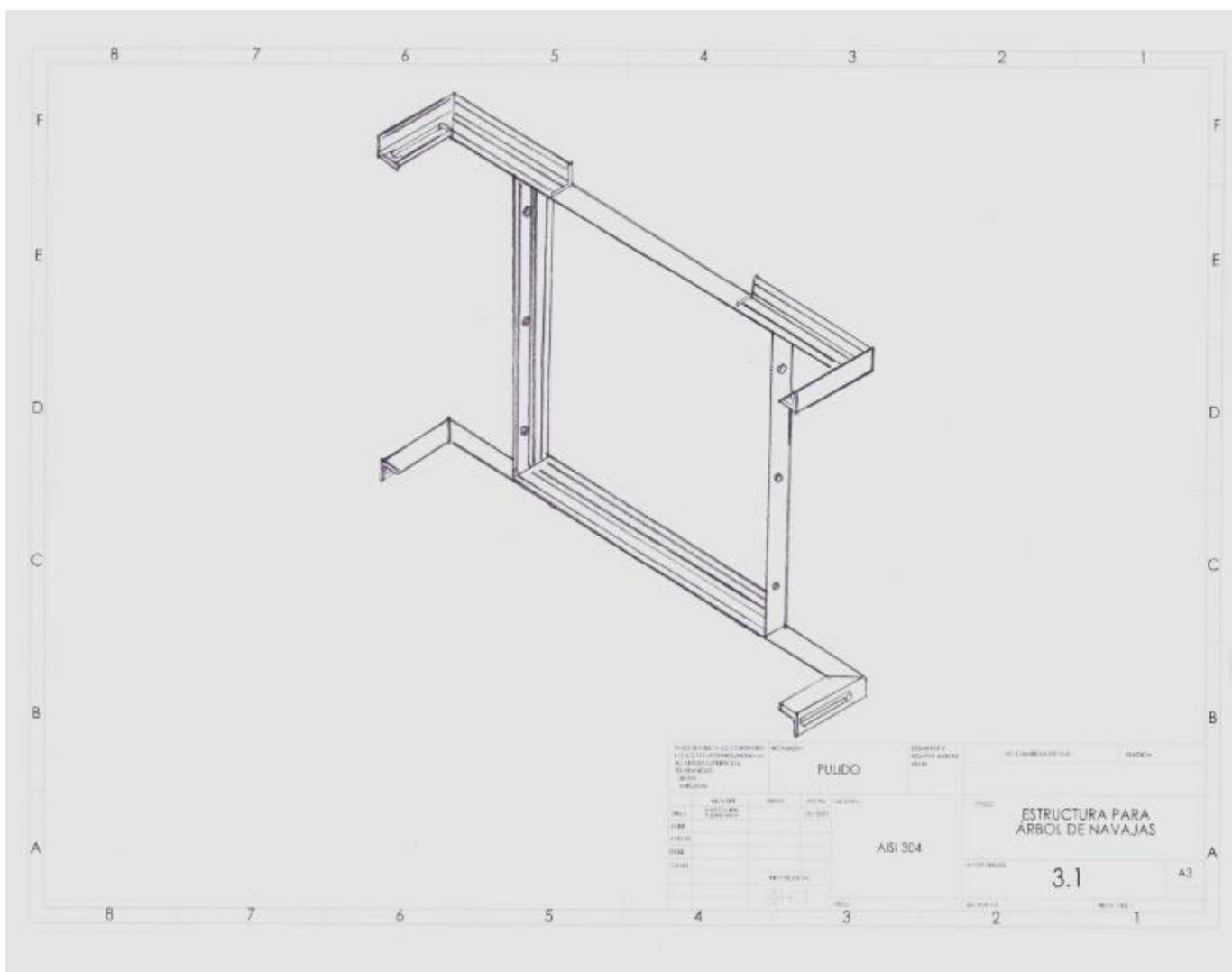


Componente principal

3.1 Estructura

La función de la estructura será alojar las navajas, los espaciadores y 3 varillas roscadas de manera horizontal.

Imagen 23. Boceto del componente principal 3.1(Estructura) de la alternativa 3. (Elaboración propia)

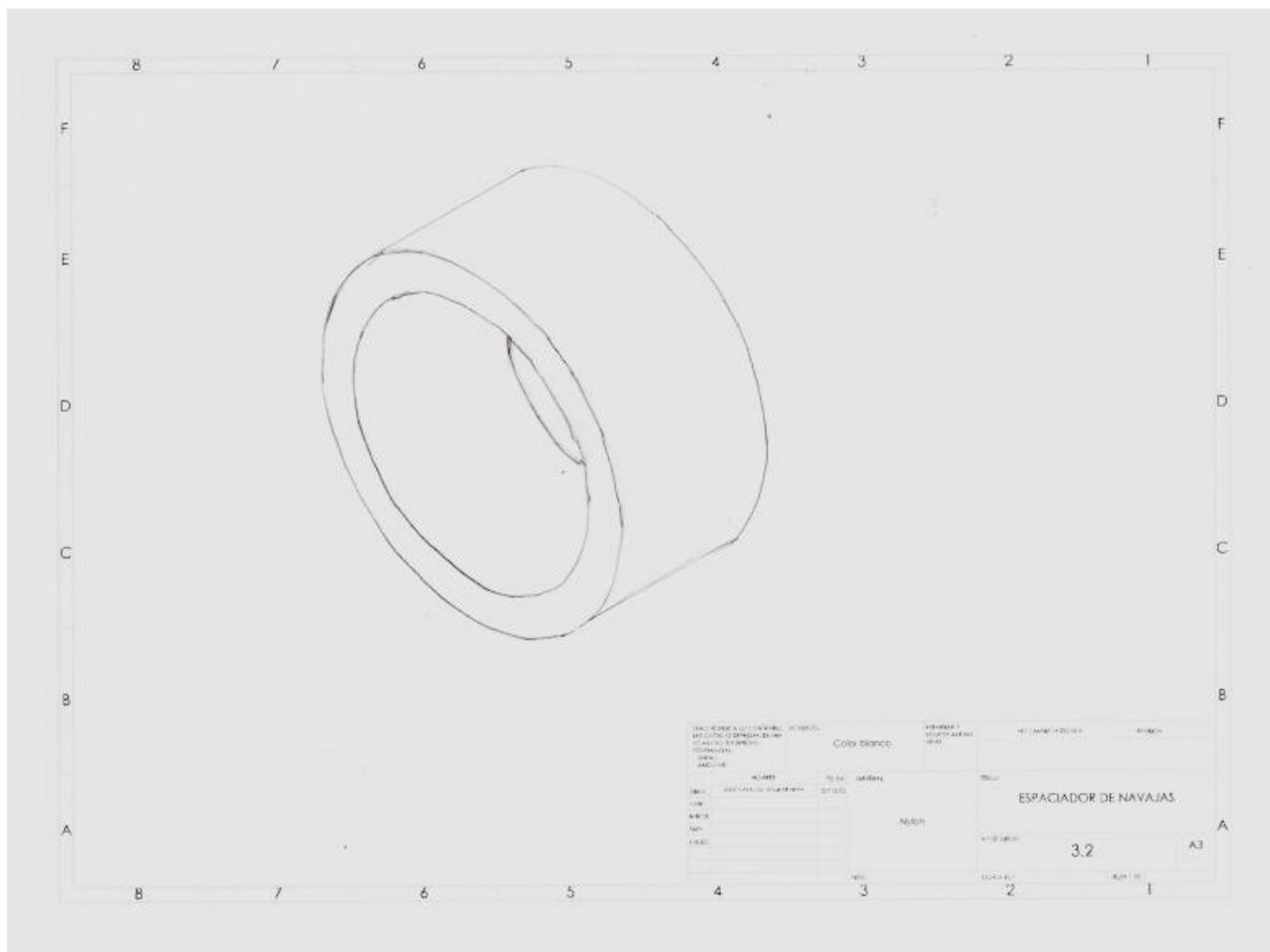


Componente secundario

3.2 Espaciador (Horizontal)

La función del espaciador será dar la distancia adecuada (5mm) en forma horizontal con el fin de que las navajas de corte coincidan con las ranuras del rodillo.

Imagen 24. Boceto de componente secundario 3.2 (Espaciador horizontal) de la alternativa 3. (Elaboración propia)

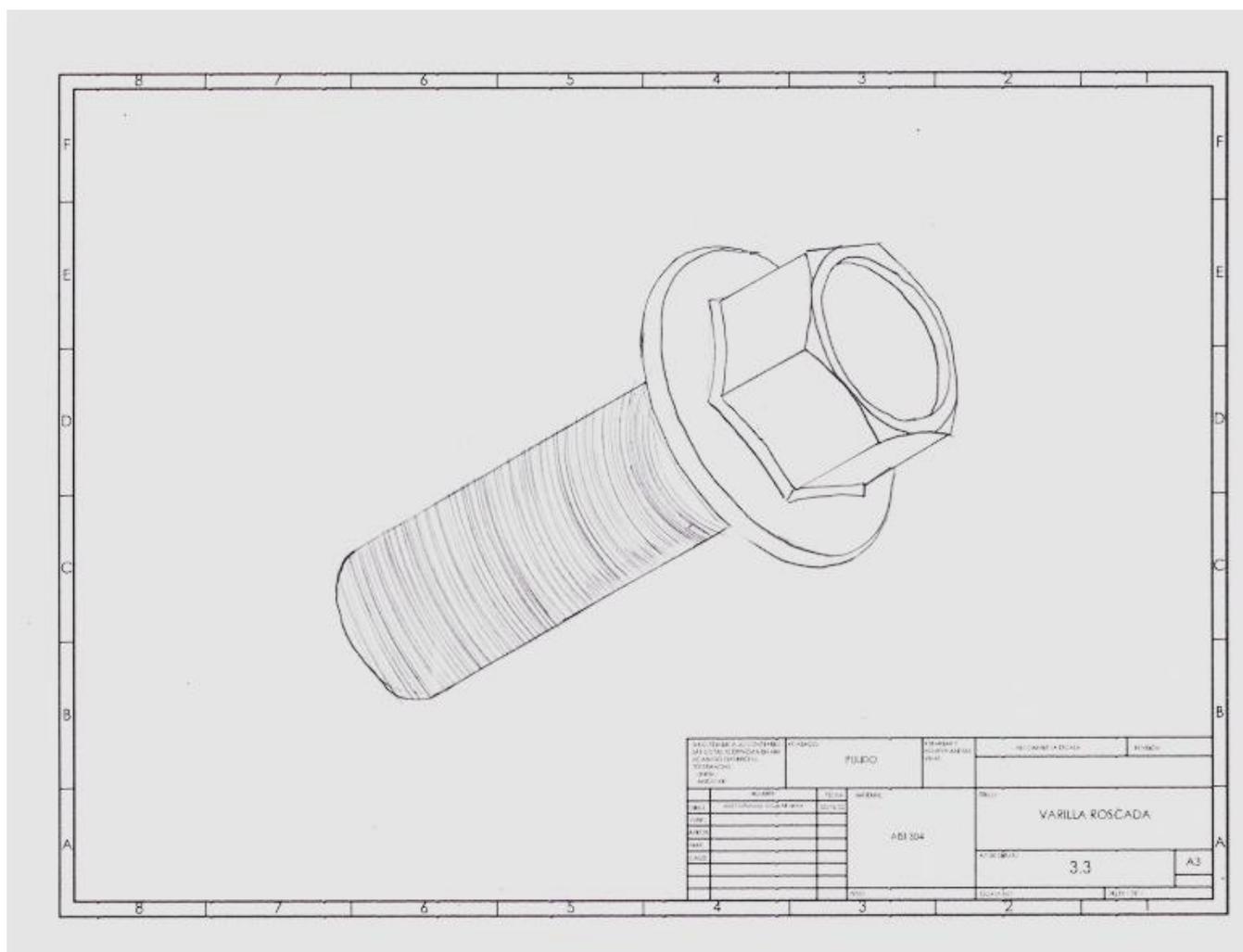


Componente secundario

3.3 Varilla roscada

La varilla roscada será la que le de soporte y seguridad a las navajas también en ellas se insertará el espaciador.

Imagen 25. Boceto del componente secundario 3.3 (varilla roscada) de la alternativa 3. (Elaboración propia)

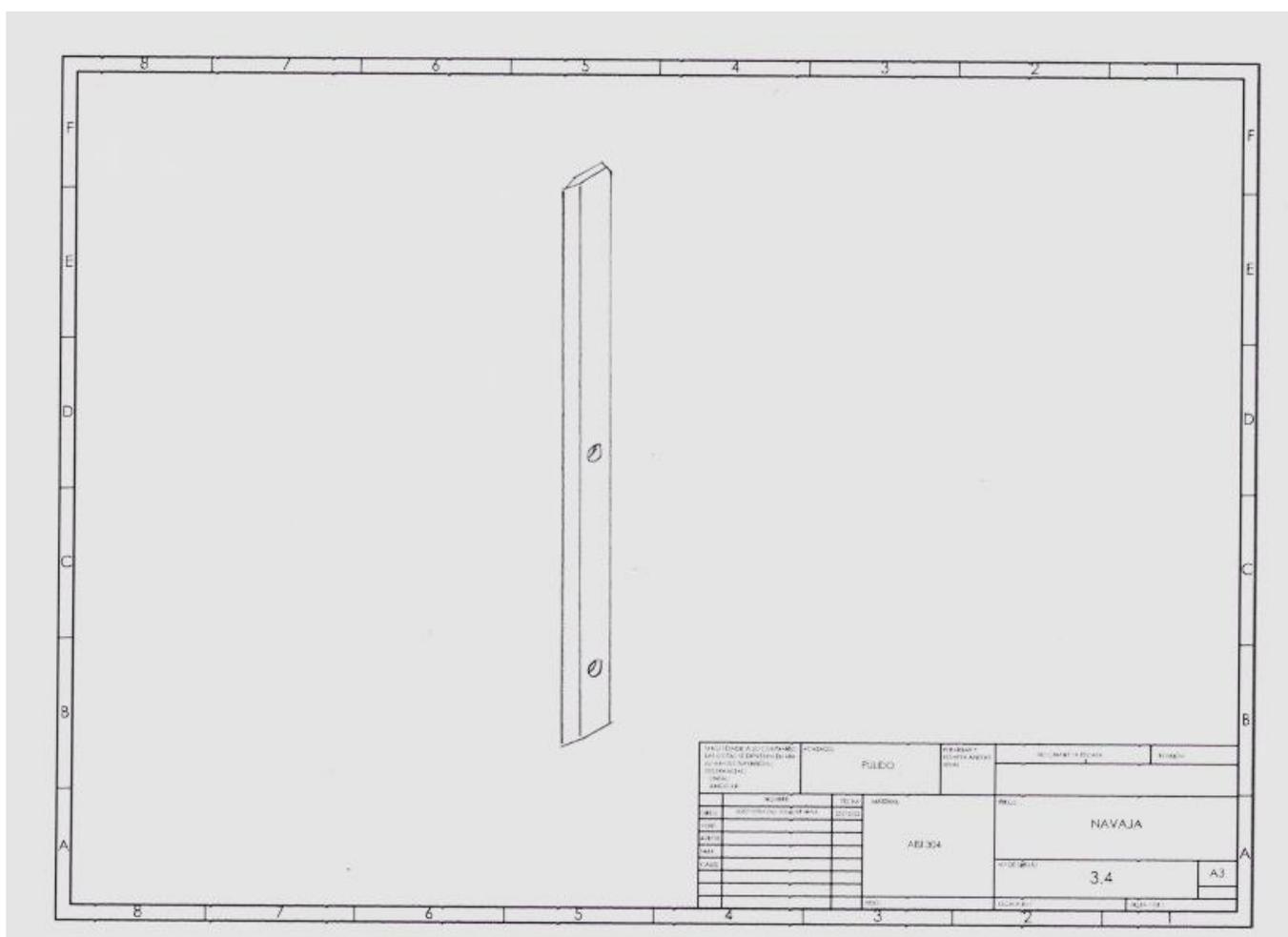


Componente secundario

3.4 Cuchilla de un solo filo

La navaja de la alternativa 3 a diferencia de la navaja de la alternativa 2 (Imagen 15) solo llevará filo por uno de sus lados y 3 barrenos, el propósito será el mismo cortar el nopal en tiras de 1 cm aproximadamente.

Imagen 26. Boceto del componente secundario 3.4 (Navaja de un solo filo) de la alternativa 3. (Elaboración propia)



Matriz de juicios de factibilidad

La tabla 7 muestra la matriz de juicio de factibilidad se evaluará si los primeros bocetos cumplen con los requisitos básicos.

Tabla 7. Check list de juicios de factibilidad para el rediseño del árbol de navajas. (Elaboración propia)

JUICIOS DE FACTIBILIDAD (check list)	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
¿Su realización es posible?	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
¿Existe mano de obra calificada para su manufactura?	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
¿Se cuenta con la tecnología para su elaboración?	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
¿Es una idea original?	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

Matriz de decisión

La tabla 8 muestra la matriz de decisión facilitara la selección de un concepto calificando las alternativas según los factores que posean, para calificar las alternativas nos apoyaremos de la tabla de requerimientos (Tabla 6) utilizando un rango de calificación del 1 al 5.

1= No cumple con los aspectos del requerimiento.

2,3,4= Cumple con algunos aspectos del requerimiento.

5= Cumple en su totalidad con los aspectos del requerimiento.

Tabla 8. Matriz de decisión para elegir una de las 3 alternativas del rediseño del árbol de navajas.
(Elaboración propia)

	REQUERIMIENTOS				
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL REDISEÑO DEL ÁRBOL DE NAVAJAS	USO	FUNCIÓNALES	ESTRUCTURALES	TÉCNICO-PRODUCTIVOS	TOTALES
ALTERNATIVA 1	3	3	3	4	13
ALTERNATIVA 2	4	4	2	4	14
ALTERNATIVA 3	5	5	5	5	20

Las puntuaciones dadas en la matriz de decisión (Tabla 8) hacen a la alternativa 3 la mejor opción, dado el cumplimiento totalmente de los requerimientos.

3) Diseño para dar forma

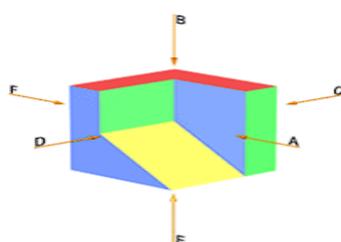
En esta etapa de diseño se tiene que centrar en el desarrollo de los detalles partiendo de un concepto, seleccionado a partir del diseño conceptual, aquí se definen las formas, el proceso de fabricación, los materiales y el ensamble.

- **Normalización de dibujo técnico.**

Para la realización de los diseños para dar forma nos basaremos en el sistema americano que establece lo siguiente.

Imagen 27. Denominación de las vistas. (SCRIBD, 2023)

Si situamos un observador según las seis direcciones indicadas por las flechas, obtendríamos las seis vistas posibles de un objeto.



Estas vistas reciben las siguientes denominaciones:

Vista A: **Vista anterior, de frente o alzado**

Vista B: **Vista superior o planta**

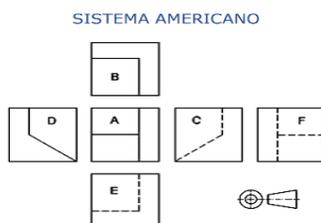
Vista C: **Vista lateral derecha** o simplemente **derecha**

Vista D: **Vista lateral izquierda** o simplemente **izquierda**

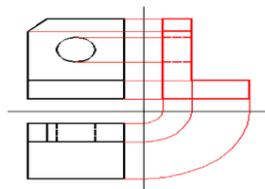
Vista E: **Vista inferior**

Vista F: **Vista posterior**

Imagen 28. Sistema Americano (SCRIBD, 2023)

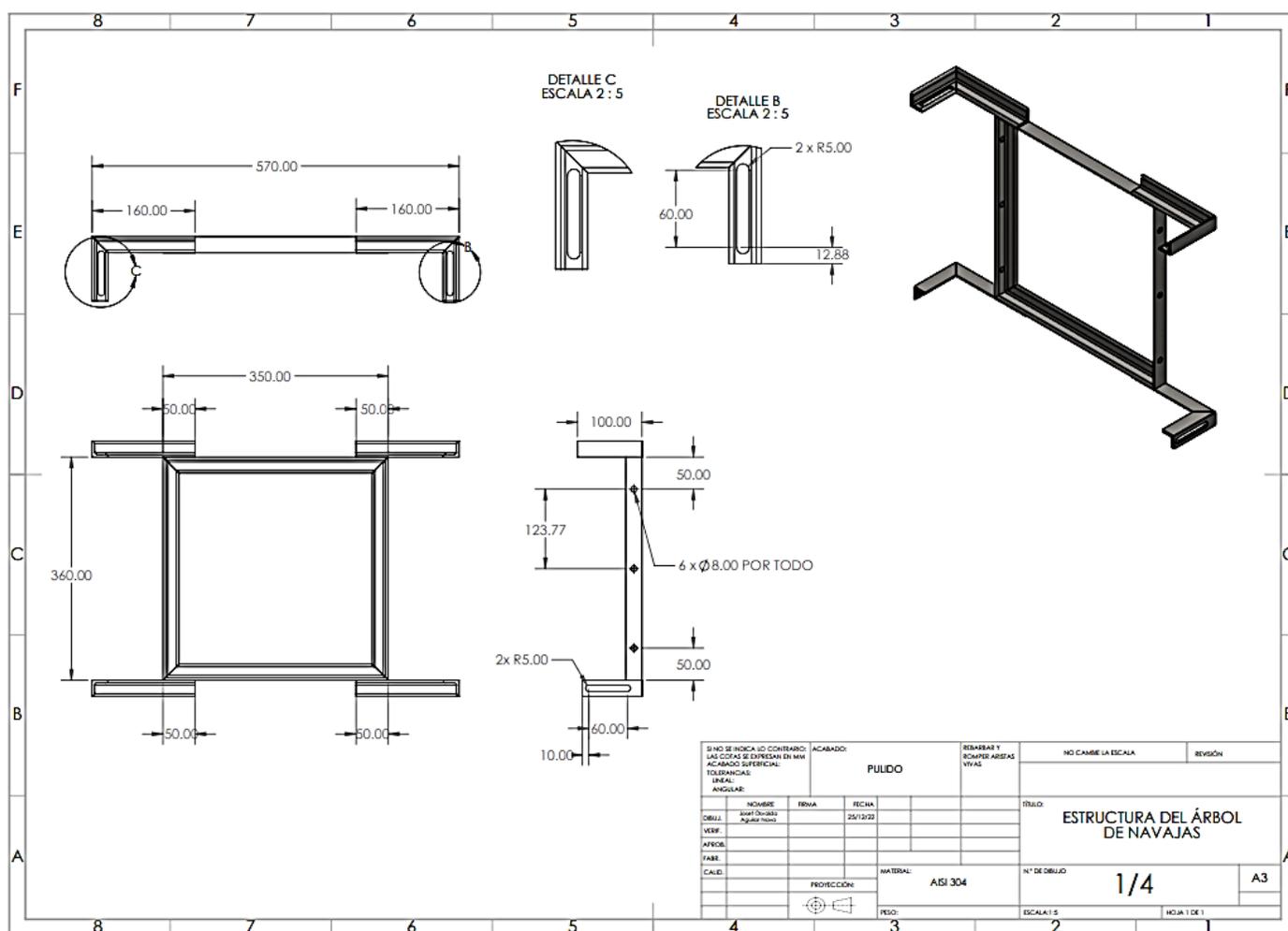


Habitualmente con tan solo tres vistas, el alzado, la planta y una vista lateral, queda perfectamente definida una pieza.



- En la imagen 29 se muestra el diseño de forma de la estructura del árbol de navajas

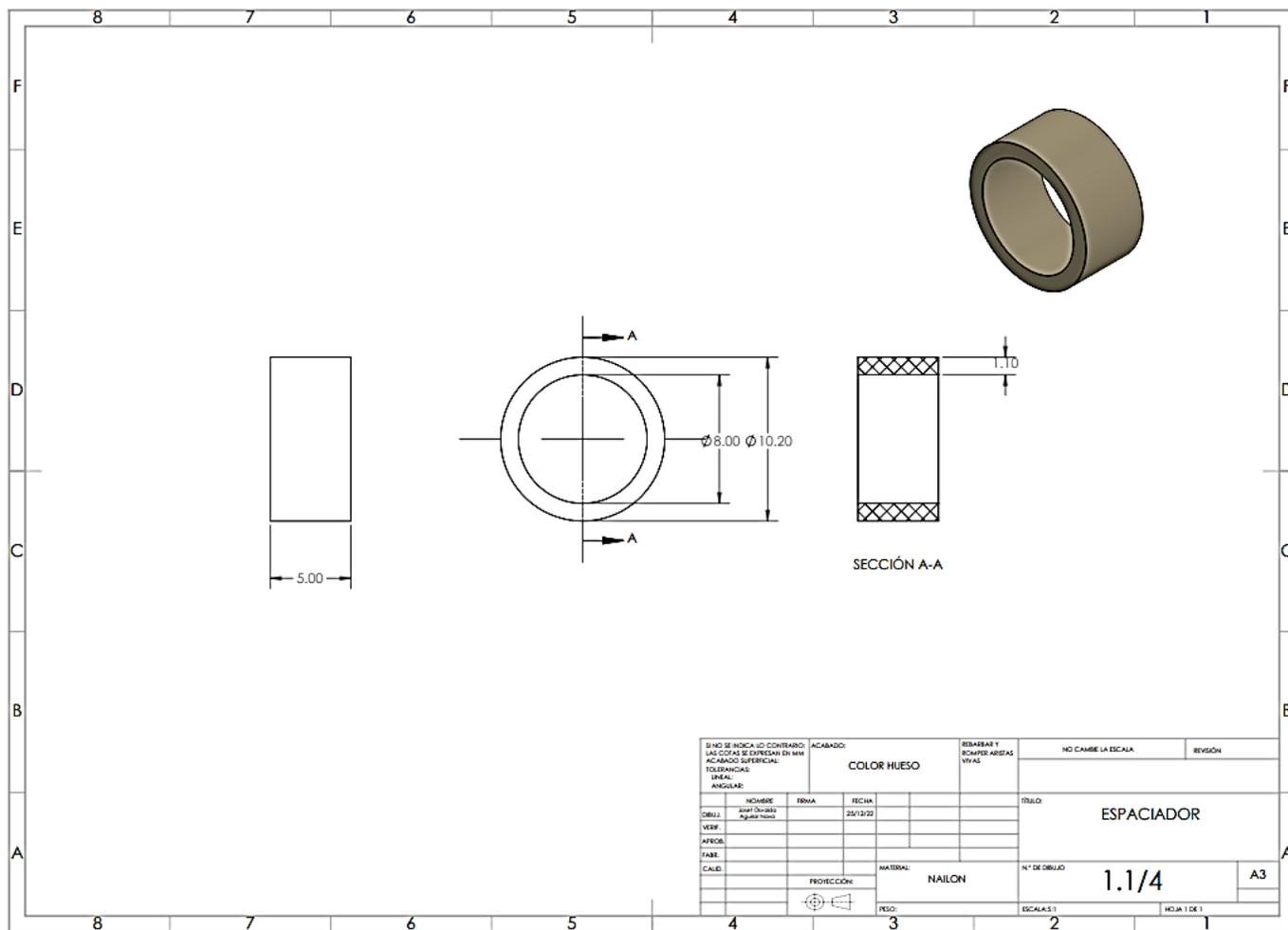
Imagen 29. Diseño de forma de la estructura del árbol de navajas. (Elaboración propia)



- Diseño de forma de componentes secundarios

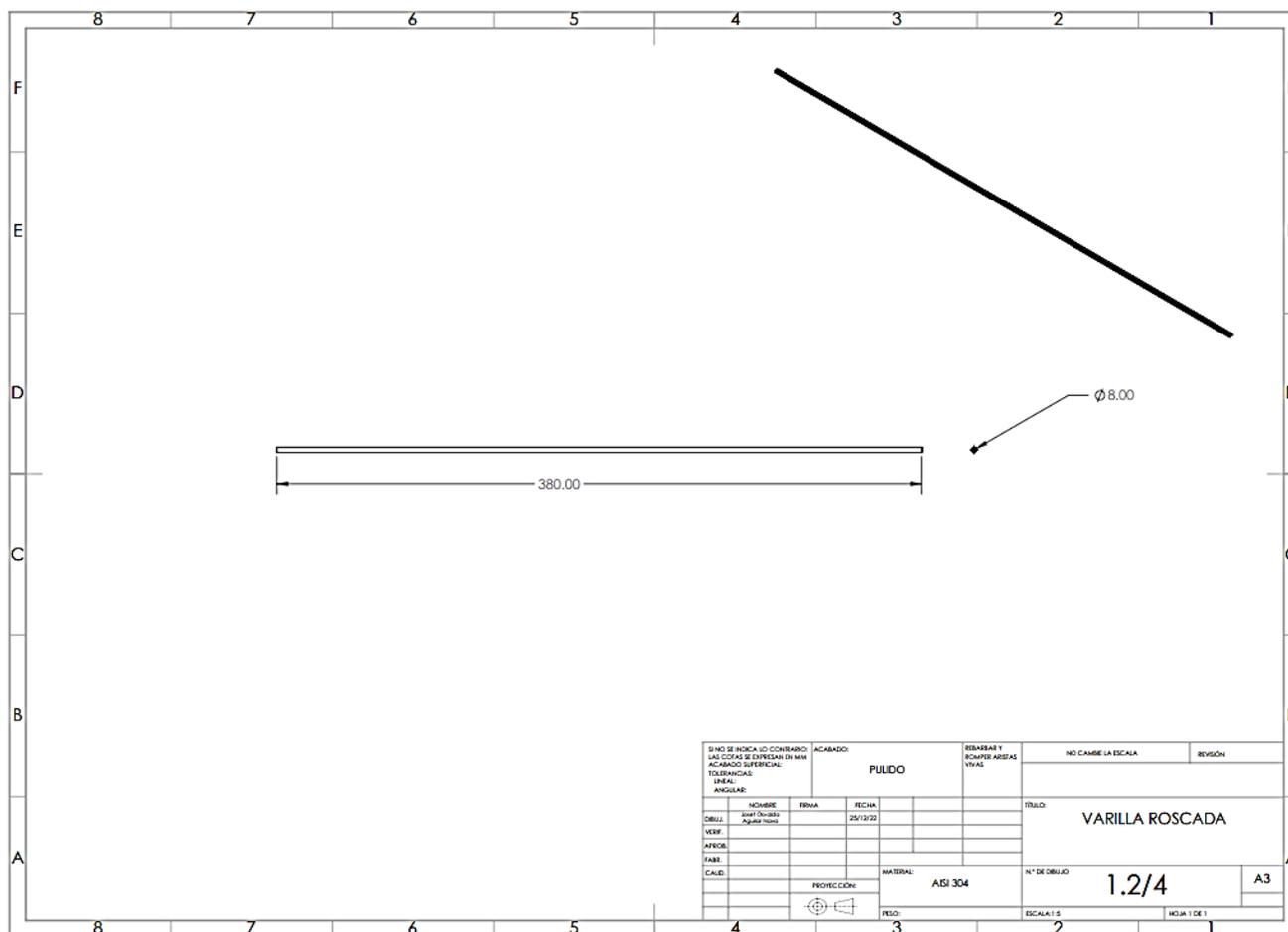
Espaciador Horizontal

Imagen 30. Diseño de forma de espaciador horizontal. (Elaboración propia)

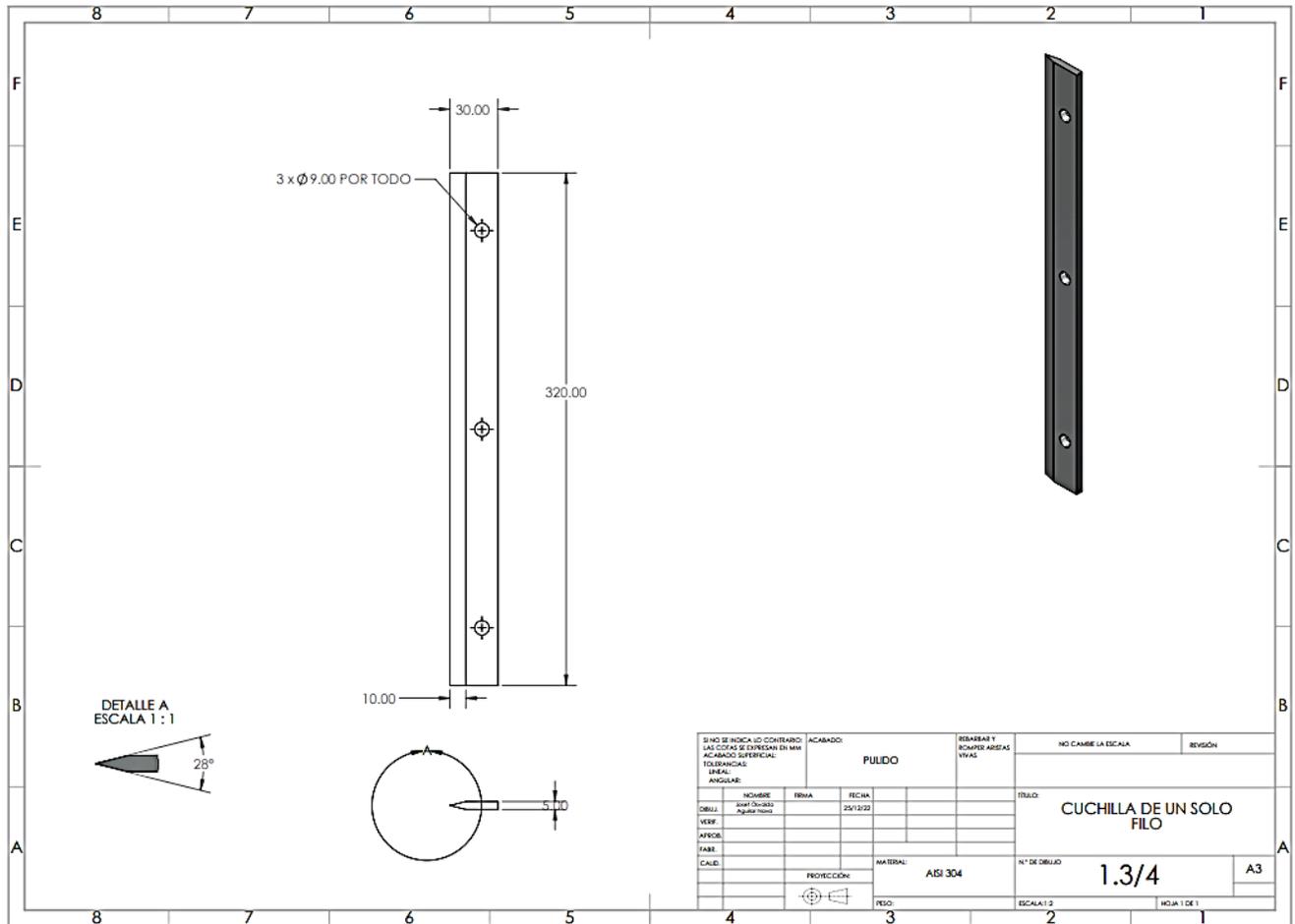


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO: COLOR HUESO	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
NOBRE	FECHA			TITULO: ESPACIADOR			
VERIF.	25/12/22			MATERIAL: NAILON			
APROB.				N° DE DIBUJO 1.1/4			
FABR.				ESCALA: 1:1			
CAID.				HOJA 1 DE 1			
PROYECCION:				PESO: 3			

Varilla roscada

Imagen 31. Diseño de forma de la varilla roscada. (Elaboración propia)

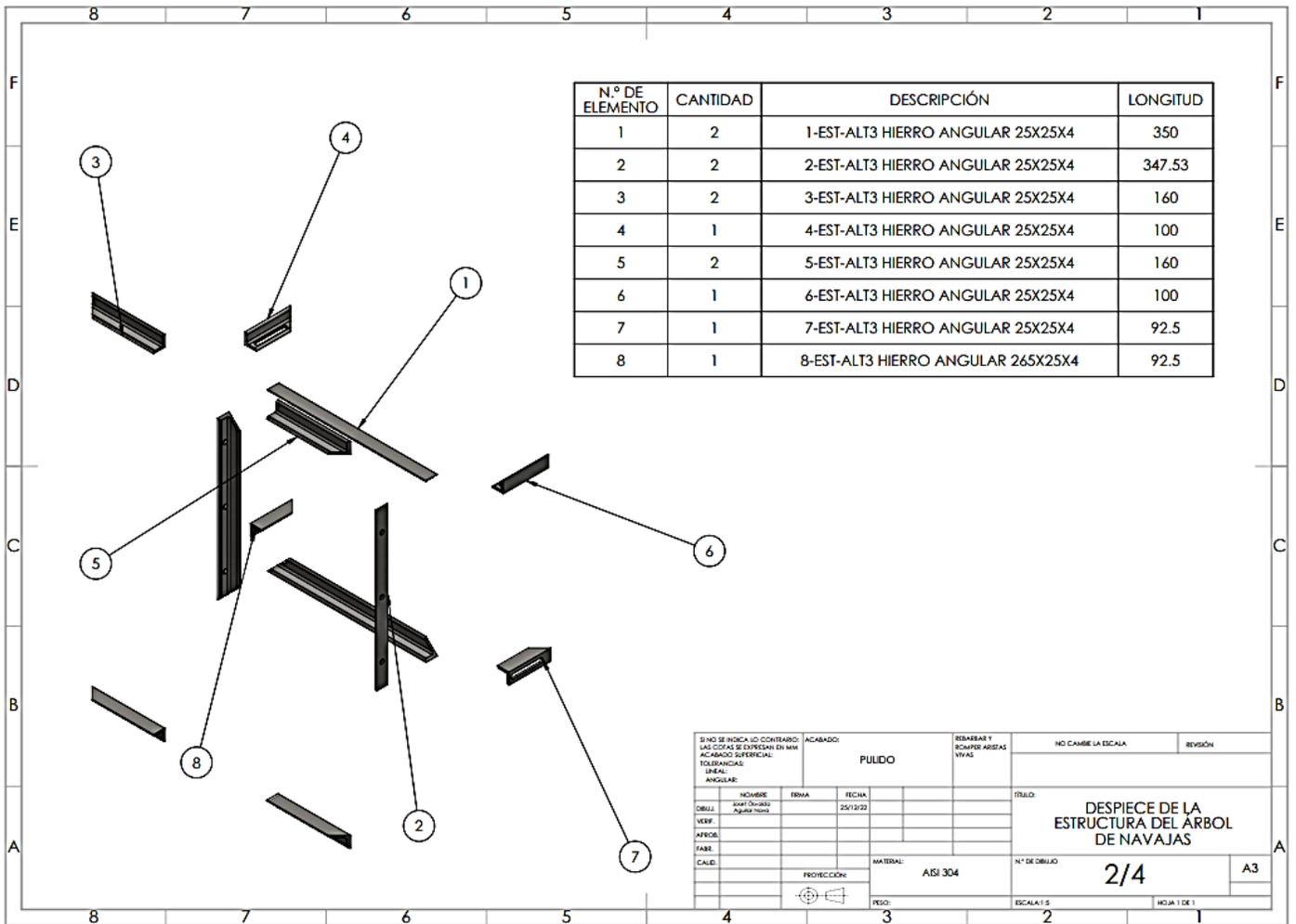
Cuchilla de un solo filo

Imagen 32. Diseño de forma de la cuchilla de un solo filo

- Despiece de la estructura del árbol de navajas

En la imagen 33 se muestra el despiece de la estructura nos dará una idea más clara del ensamble ya que como su nombre lo indica descompone un todo en sus partes, también se agrega la lista de cortes para piezas soldadas para visualizar la cantidad y todos los cortes que conforman la estructura cada una con un código y su respectiva longitud.

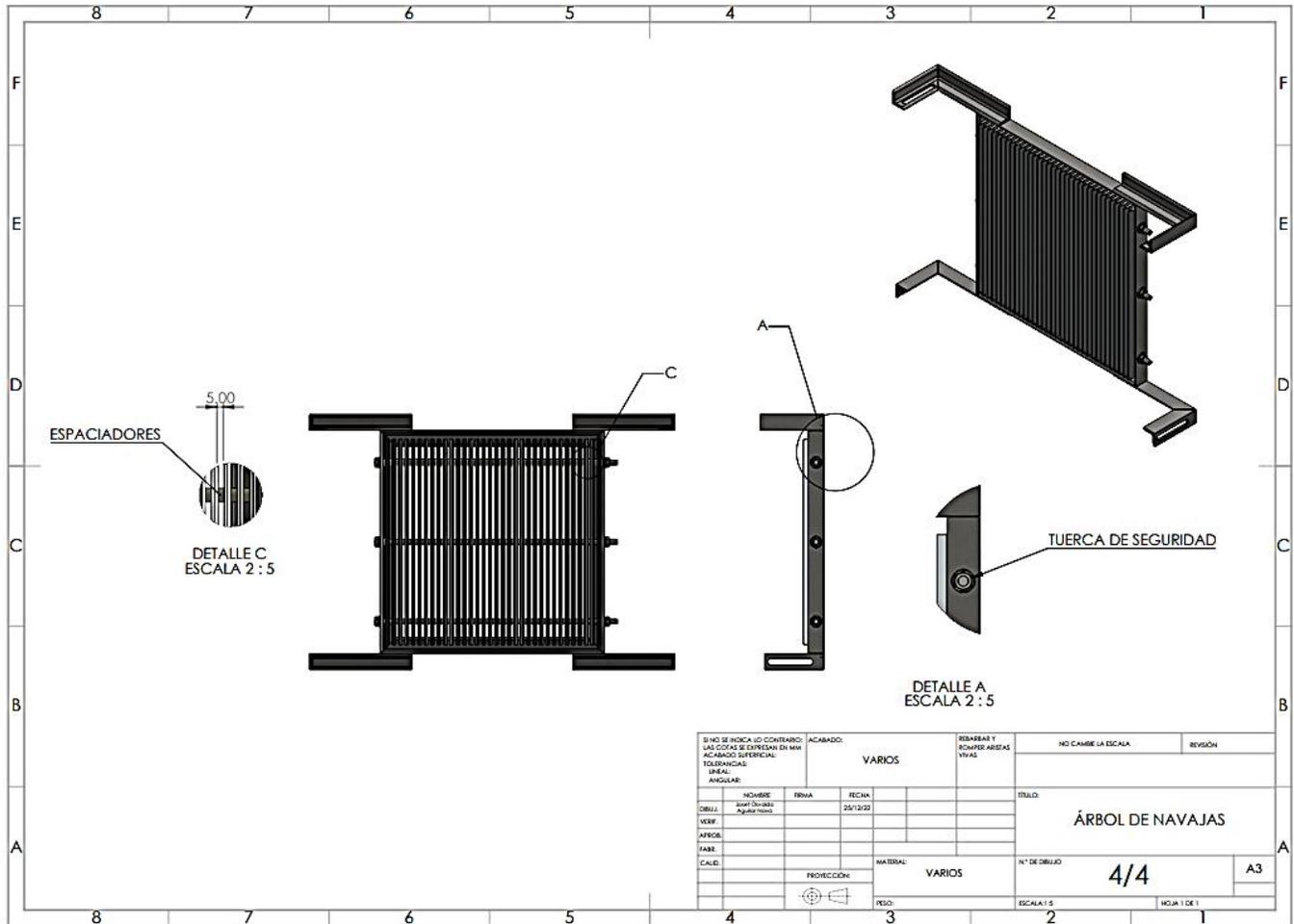
Imagen 33. Despiece de la estructura del árbol de navajas



- Diseño de conjunto del árbol de navajas

En la imagen 34 se muestra el diseño de conjunto que brinda una visualización más contextualizada de la alternativa que elegimos.

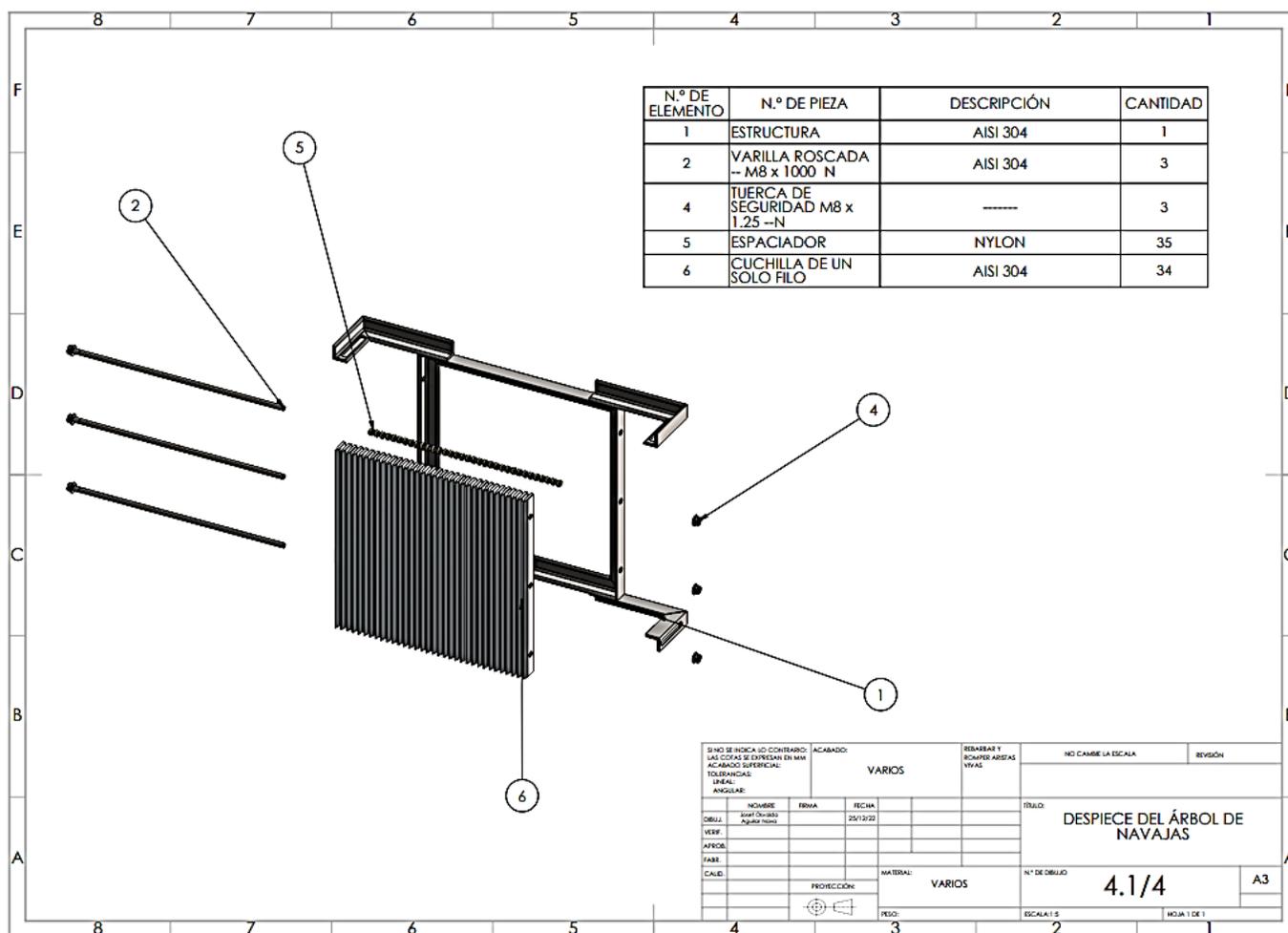
Imagen 34. Diseño de conjunto del árbol de navajas. (Elaboración propia)



- Despiece del árbol de navajas

En la imagen 35 se muestra el despiece del árbol de navajas que nos dará una idea más clara del ensamble ya que como su nombre lo indica descompone un todo en sus partes, también se agrega la lista de materiales para visualizar la cantidad de componentes que lo conforman.

Imagen 35. Despiece del árbol de navajas. (Elaboración propia)



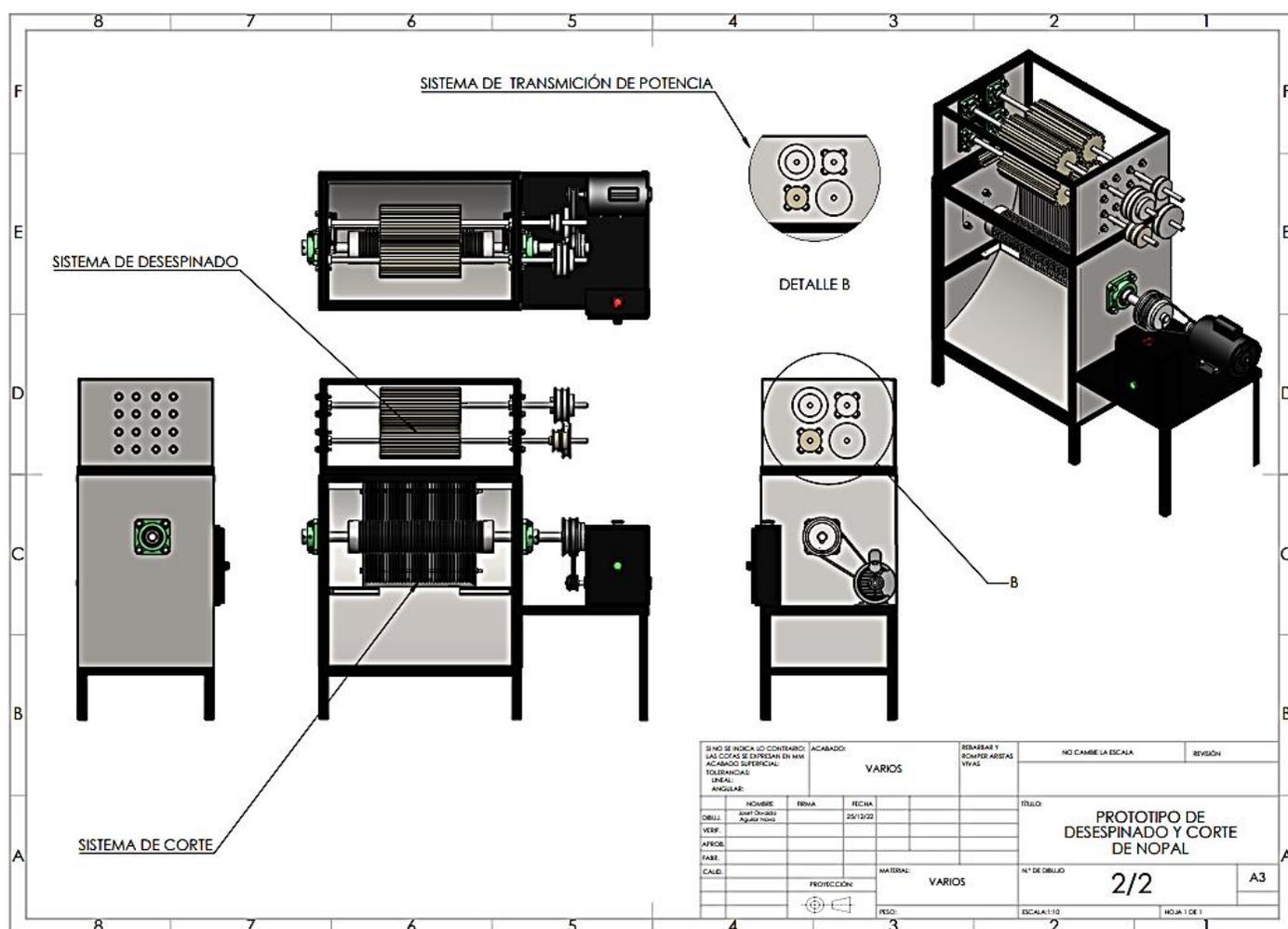
4) Diseño de detalle

Al finalizar la fase de diseño de forma, progresivamente se va entrando en la fase de diseño de detalle. El límite entre ambas fases no siempre está claro y varía también en función del tipo de producto, su grado de novedad, etc. En general, el diseño de detalle está relacionado con el diseño de subsistemas y componentes que integran el conjunto, independientemente de la naturaleza del producto.

- Diseño de conjunto del prototipo de desespinado y corte de nopal.

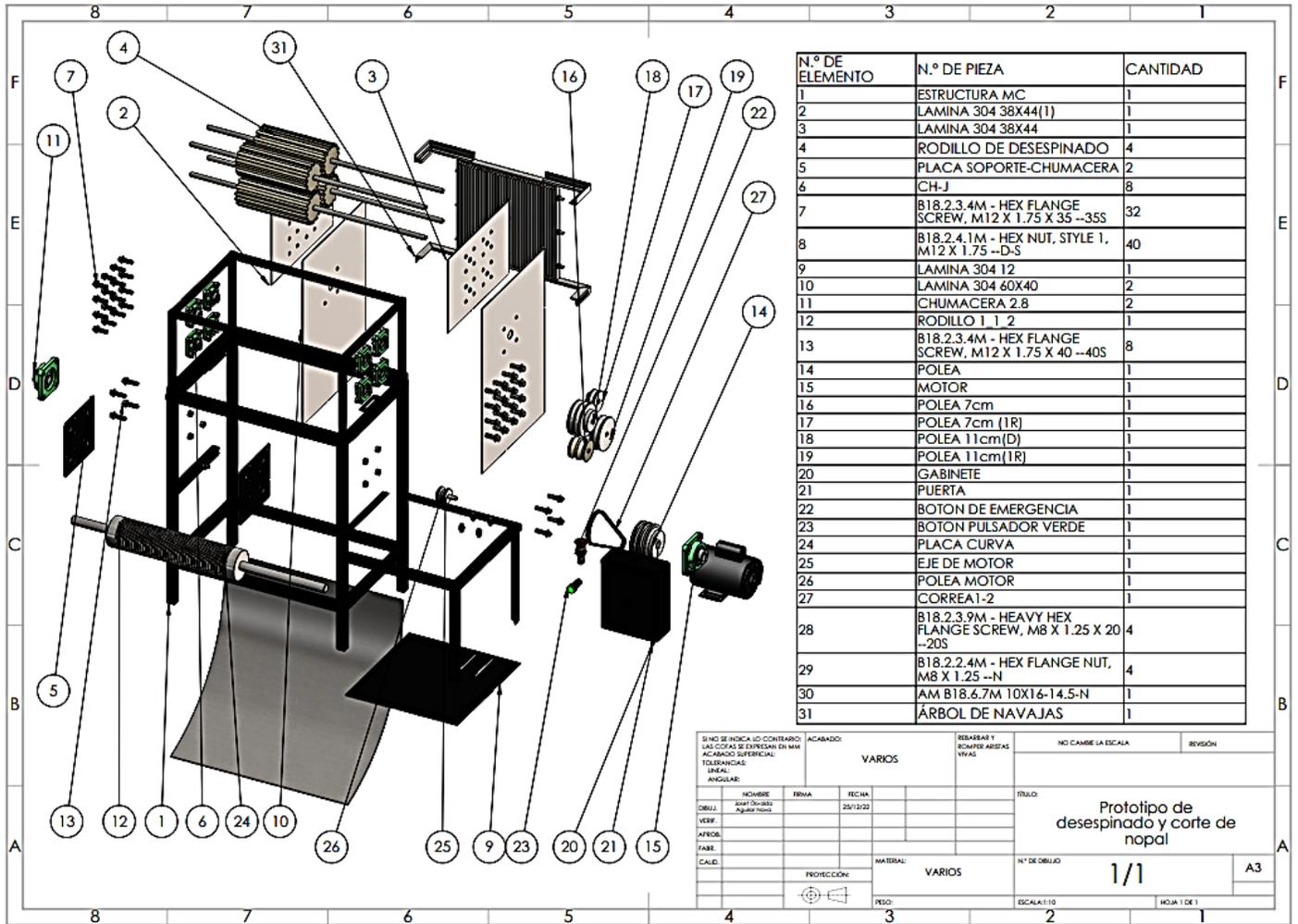
En la imagen 36 se muestra el diseño de conjunto se integra nuestra alternativa planteada para verificar las limitaciones de espacios, el ensamblaje y todas las variables que pudiesen afectar el diseño.

Imagen 36. Diseño de conjunto del prototipo de desespinado y corte de nopal. (Elaboración propia)



- En la imagen 37 se muestra el despiece del prototipo de desespinado de desespinado y corte de nopal

Imagen 37. Despiece del prototipo de desespinado y corte de nopal



C) Medidas de seguridad

Para las medidas de seguridad del prototipo de desespinado y corte de nopal se hará uso del manual “NTP235:Medidas de seguridad en máquinas: Criterios de selección” y ”Sistemas de seguridad para maquinaria industrial” donde se encuentran diferentes dispositivos de seguridad como como barreras de seguridad en los rodillos , paros de emergencia, cortinas de seguridad, aparta hombres, la respectiva señalización de prevención, controles bimanuales para el inicio de la máquina, el uso de luces de riesgo por atrapamiento-aplastamiento y guardas de seguridad para el caso de elementos de transmisión de potencia.

Para implementar un dispositivo de seguridad primero se tiene que realizar un análisis de peligrosidad, el manual nos proporciona un estudio para poder determinar esta parte.

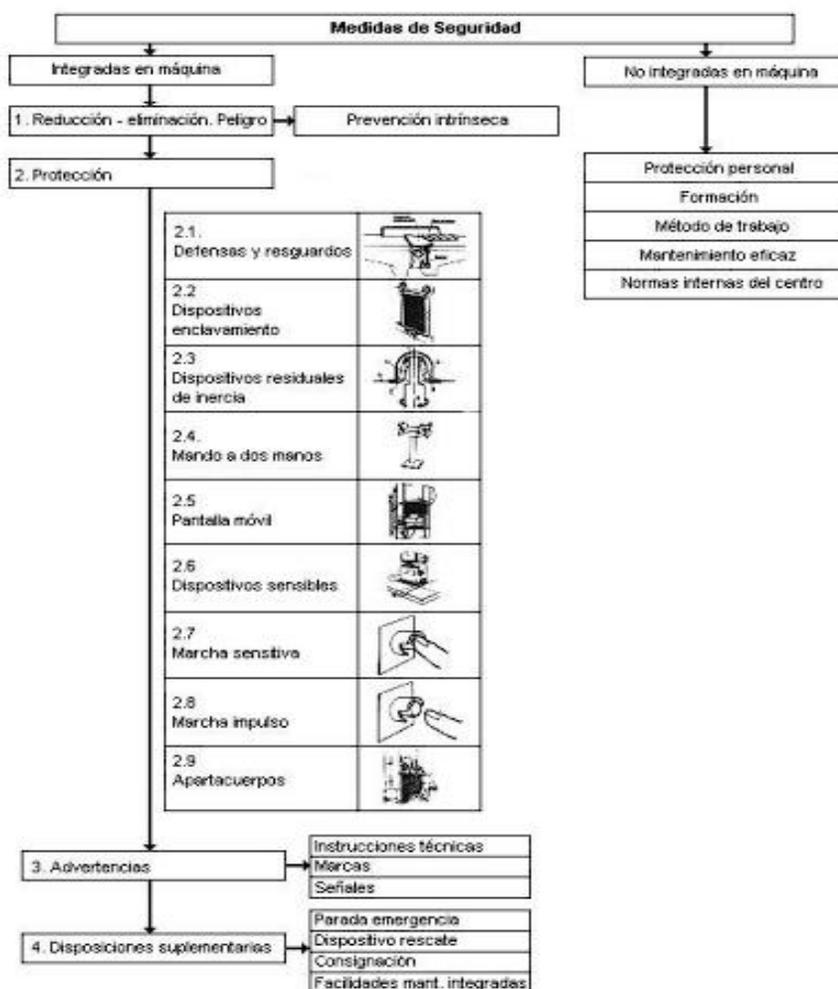
Imagen 38. Medidas de seguridad en máquinas: criterios de selección. (Blanch Gonzálbez, 2015)



De acuerdo con la imagen 36 Medidas de seguridad en máquinas: criterios de selección. El prototipo posee peligros mecánicos como son aplastamiento, corte, atrapamiento estos en ambos sistemas (desespinado y corte) ya que se trabaja con rodillos y elementos afilados, también presenta peligro en la parte de transmisión de potencia.

Existen varias opciones que se pueden implementar considerando la normativa NTP235 para eliminar estos factores, en la imagen 39 se presentan algunas medidas de seguridad.

Imagen 39. Selección de medidas de seguridad. (Blanch Gonzálbez, 2015)

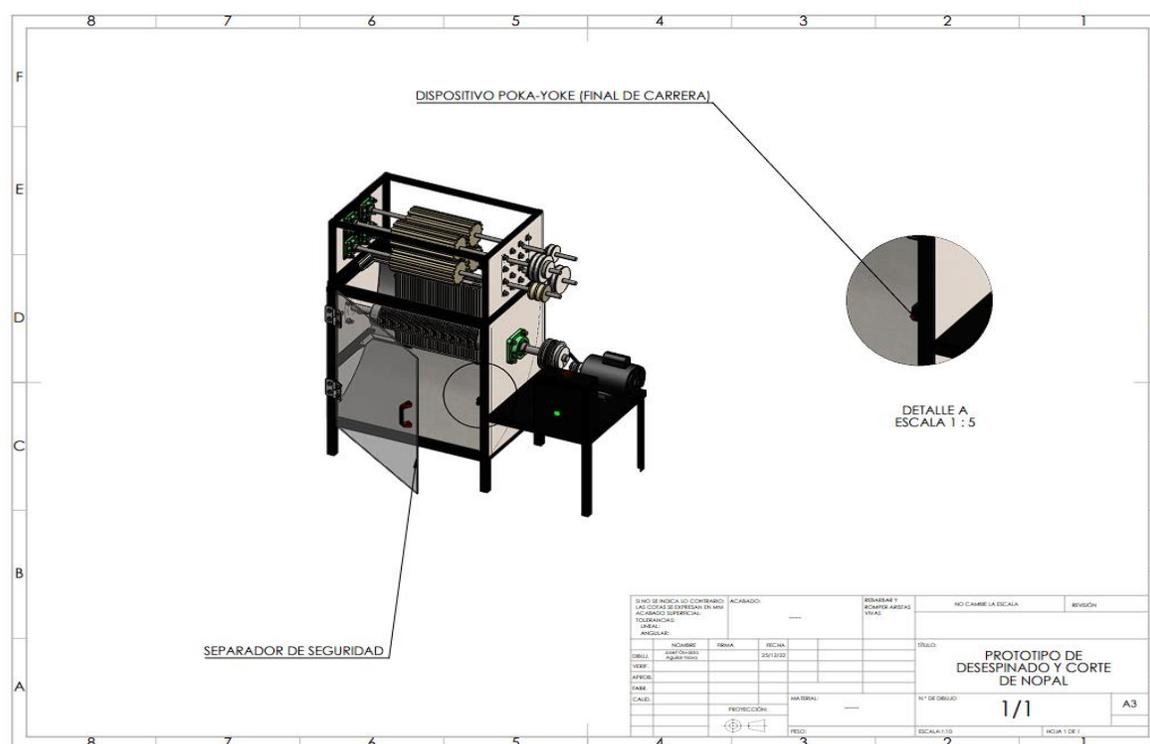


- Alternativas de seguridad

Actualmente la maquina no tiene una puerta de seguridad en los sistemas de desespinado y corte, presentando mayor peligro en la parte de corte ya que en ese sistema cuenta con cuchillas que pueden ocasionar la perdida parcial o total de alguna extremidad del operario, la alternativa que se plantea es implementar un separador de protección (puerta de acrílico transparente) para mitigar el peligro, adjunto al separador de protección se instalara estratégicamente un poka-yoke de seguridad para que no exista el riesgo de operar la maquina sin antes cerrar la puerta y por ultimo utilizaremos un sistema andón el cual nos indicara el estatus de la maquina haciendo uso de 2 colores principales rojo y verde, el color rojo indicara el paro total de la maquina mientras que el verde indicara que la maquina esta en funcionamiento por lo que el operador podrá tomar decisiones de una forma más metódica.

Diseño CAD del separador de protección, imagen 40.

Imagen 40. Diseño CAD del separador de protección. (Elaboración propia)



Dispositivo poka-yoke

El poka-yoke que utilizaremos será de seguridad por lo que se empleará un final de carrera NA que detecte cuando el separador de seguridad (Imagen 40) este totalmente cerrado con el fin de que el prototipo no pueda ser encendido y evitar cualquier tipo de lesión en el operario.

Un final de carrera o también conocido como sensor de contacto o limit switch, básicamente es un interruptor que se coloca en lugares estratégicos de la carrera de un elemento móvil para saber la posición de dicho elemento. En palabras sencillas es un sensor que nos ayuda a saber una posición en concreto de cualquier objeto móvil, como, por ejemplo; una ventana, una puerta, un elevador, cuando un objeto llega al final de una cinta transportadora o para saber si un pistón de un cilindro está afuera o adentro. (Ingeniería Mecafenix, 2021)

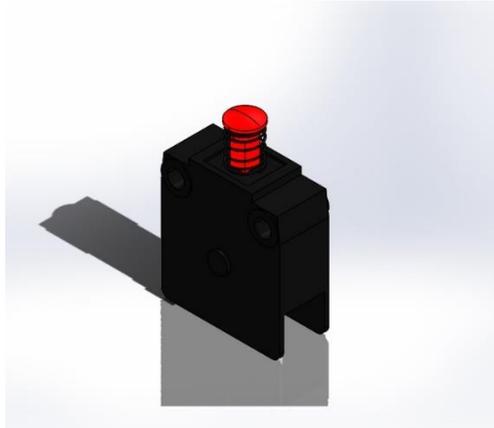
Para la implementación del dispositivo Poka-Yoke nos apoyamos de una sencilla metodología que se muestra en la imagen 41.

Imagen 41. Pasos para la aplicación del poka-yoke. (Corral Ramirez & Muñoz López, 2016)



1) Diseño del dispositivo mecánico(fixture).

Imagen 42. Fixture del final de carrera NA accionado por resorte. (Elaboración propia)



2) Diseño de control eléctrico PLC

Para este diseño fue necesario analizar las funciones que el dispositivo debe efectuar, lo cual permite el funcionamiento óptimo de Poka Yoke además de determinar los equipos eléctricos/electrónicos a utilizar. Una vez determinado los componentes eléctricos a utilizar se elabora la programación correspondiente para el PLC.

Partes

Entradas (x): Botón verde (x0), botón rojo(x1) y final de carrera (x2)

Salidas (y): Motor(y0), Indicador verde(y1), indicador rojo(y2)

Diagrama de funciones

El diagrama de funciones nos ayudara a comprender la secuencia de nuestra programación como se muestra a continuación.

Imagen 43. Diagrama de funciones ladder. (Elaboración propia)

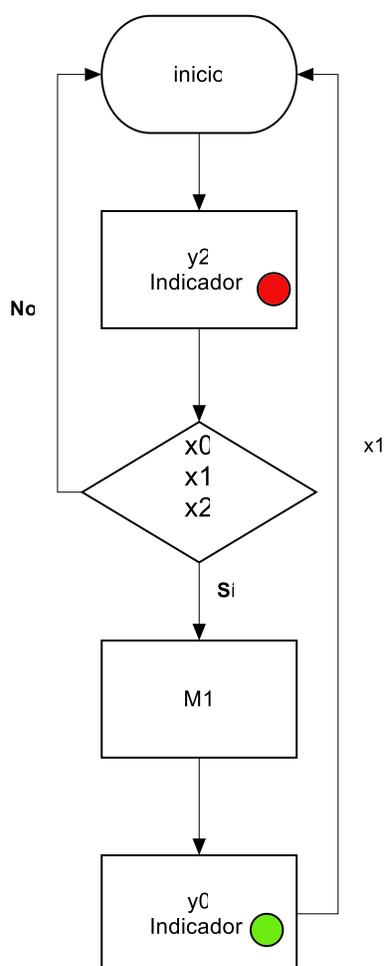
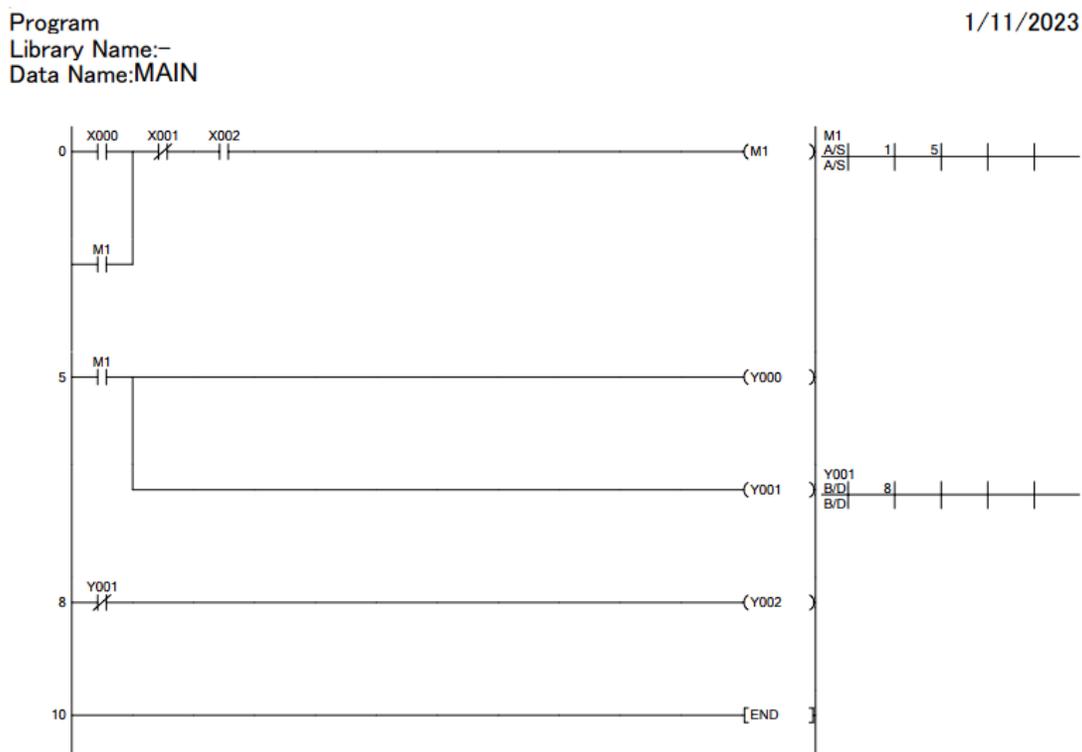


Diagrama ladder

En la imagen 44 se muestra el diagrama escalera que se realizó apoyándonos del diagrama de funciones ladder imagen 43 el cual es uno de los lenguajes de programación para el funcionamiento del PLC.

Imagen 44. Diagrama Ladder para implementación del poka-yoke. (Elaboración propia)



3) Verificación del funcionamiento

4) Instalación del dispositivo a prueba y error

Para la verificación e instalación del dispositivo poka-yoke se realizó una simulación en el software Factory IO vinculado a GX WORKS 2 y MX OPC configuration este último es el que se encarga de establecer comunicación entre GX WORKS 2 y Factory IO para poder analizar visualmente el comportamiento del dispositivo.

Descripción del funcionamiento del poka-yoke:

Para poder operar la maquina es necesariamente cerrar el separador de seguridad (Imagen 40) de otra forma si la puerta no está cerrada el prototipo jamás podrá encender ya que se tiene que activar el poka-yoke (Final de carrera NA) para poder energizar los botones de encendido de la máquina.

El dispositivo poka-yoke se vinculó a un sistema andon el cual no indica lo siguiente:

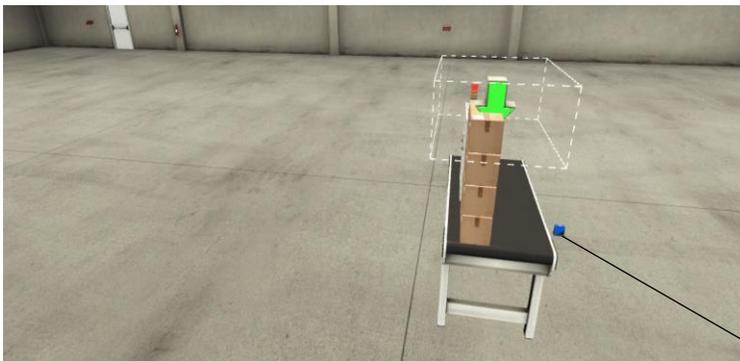
Indicador verde: maquina en marcha

Indicador rojo: maquina en reposo

A continuación, se muestra la simulación en Factory IO:



Sistema ANDON



Dispositivo Poka-Yoke

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El rediseño del prototipo fue de vital importancia ya que contaba con aspectos críticos que no permitían que el producto terminado que entregaba fuera de calidad ya que existían elementos de la máquina de los cuales su manufactura no era la correcta, también existían riesgos para el usuario a la hora de operar el prototipo, el prototipo no contaba con algunos datos históricos para realizar un rediseño adecuado por lo que se utilizó una herramienta de las CORE TOOLS la cual es el AMEFPs que es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado.

La metodología de diseño PHAL & BEITZ está basada en el diseño alemán que utilizamos para realizar un rediseño óptimo que cumpliera con todos los requerimientos y no tener gastos innecesarios a la hora de manufacturar las piezas.

Para la seguridad del usuario se implementó un POKA-YOKE vinculado a un sistema ANDON que le permitirá operar la máquina de una forma más metódica, los dispositivos se implementaron basándonos en el AMEFPs ya que como tienen un costo no se deben implementar de forma indiscriminada.

Cabe destacar que los diferentes softwares que utilizamos para la validación de las mejoras al prototipo fueron de vital importancia, ya que la simulación de procesos es una forma barata y sin riesgos de probar cualquier cosa, desde simples revisiones hasta rediseños completos, siempre con el objetivo de cumplir los objetivos de producción al menor coste posible.

Recomendaciones

- Si en un futuro se desean realizar mejoras al prototipo verificar el AMEFPs con el fin de documentar toda la información que se modifique.
- Implementar el plan de mantenimiento del prototipo
- Implementar un plan de capacitación para el operario.
- Realizar el plan de control del AMEFPs
- En caso de rediseño de algún elemento del prototipo realizar los planos de fabricación del elemento.
- Implementar mecanismo para el corte de las orillas y el cladodio (tallo) del nopal.
- En la parte de desespinado las chumaceras están colocadas por la parte de adentro lo cual al ser un prototipo de giro alimenticio no es permisible ya que uno de los mantenimientos que se sugieren a la chumacera es lubricarlas con ciertos tipos de grasas y estas estarían en contacto con el producto, por lo que se sugieren 2 cuestiones la primera es cambiar las chumaceras al exterior y la segunda colocar una guarda entre las chumaceras y los rodillos de desespinado.

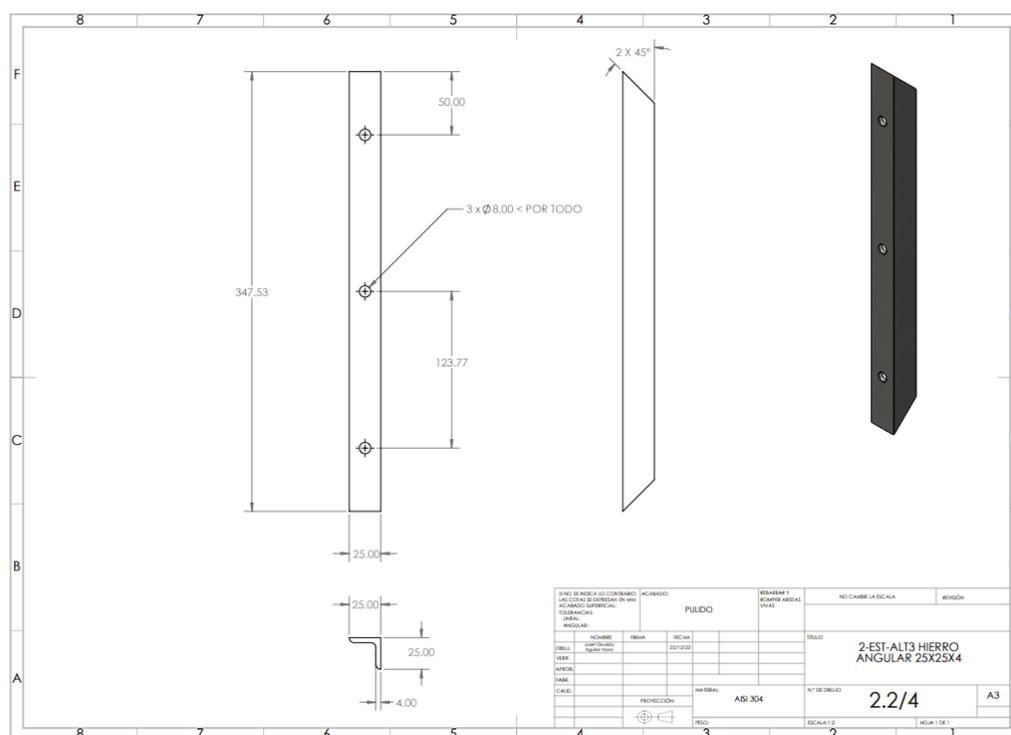
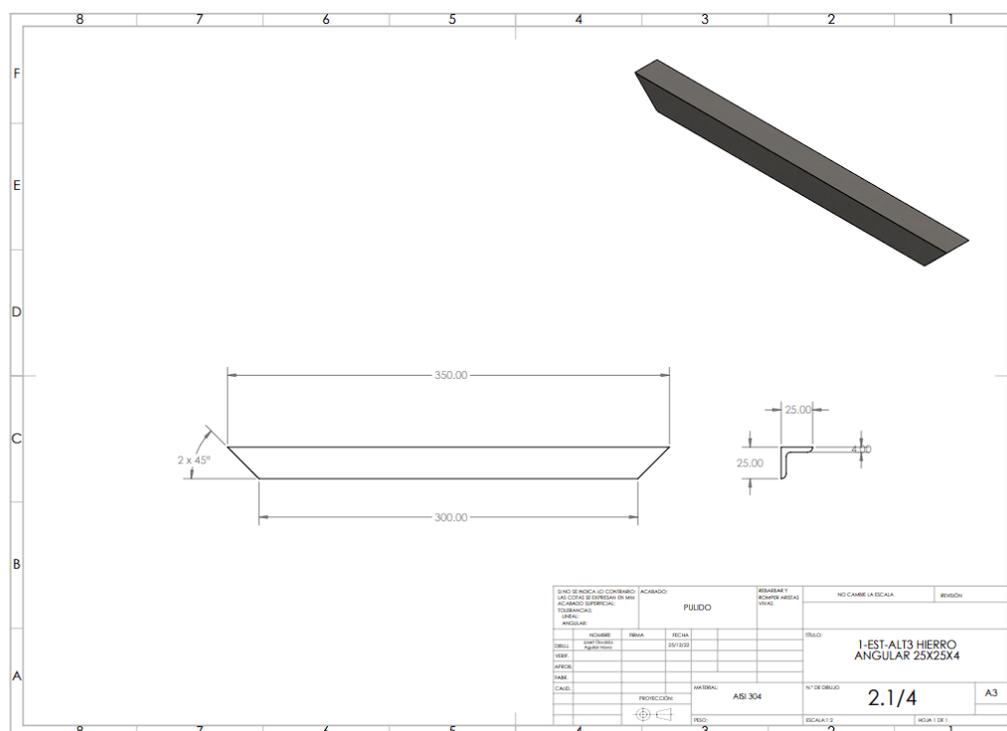
REFERENCIAS

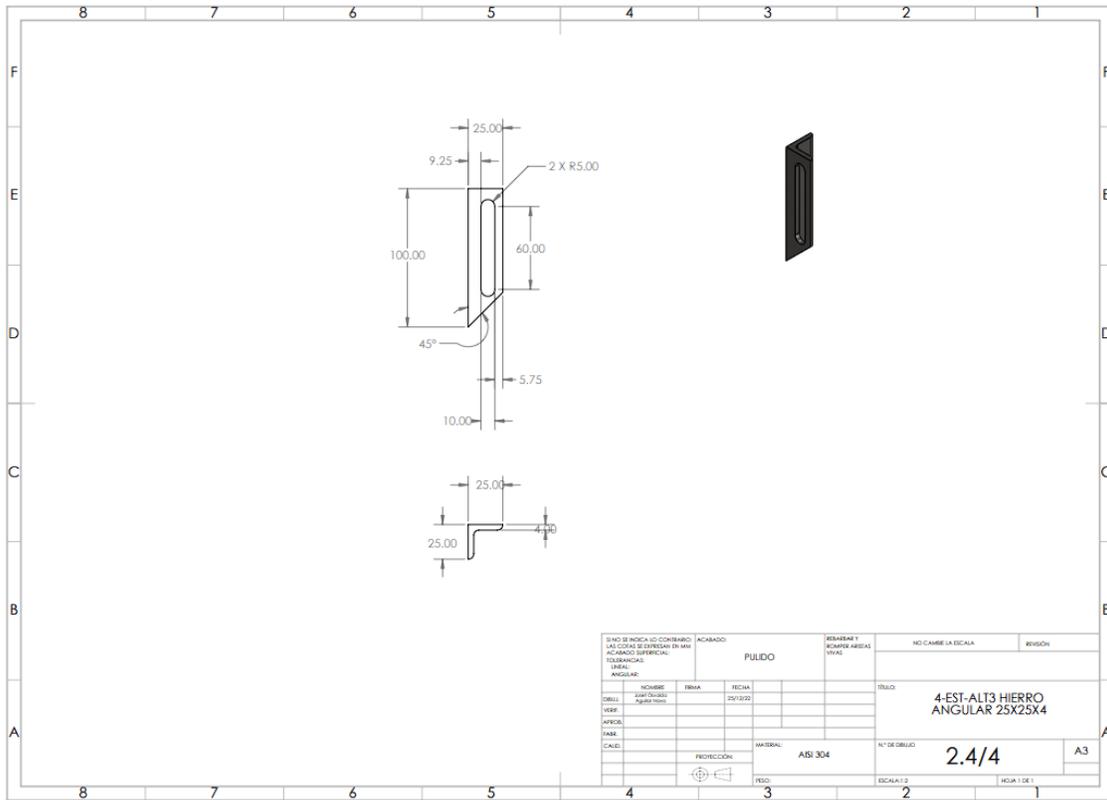
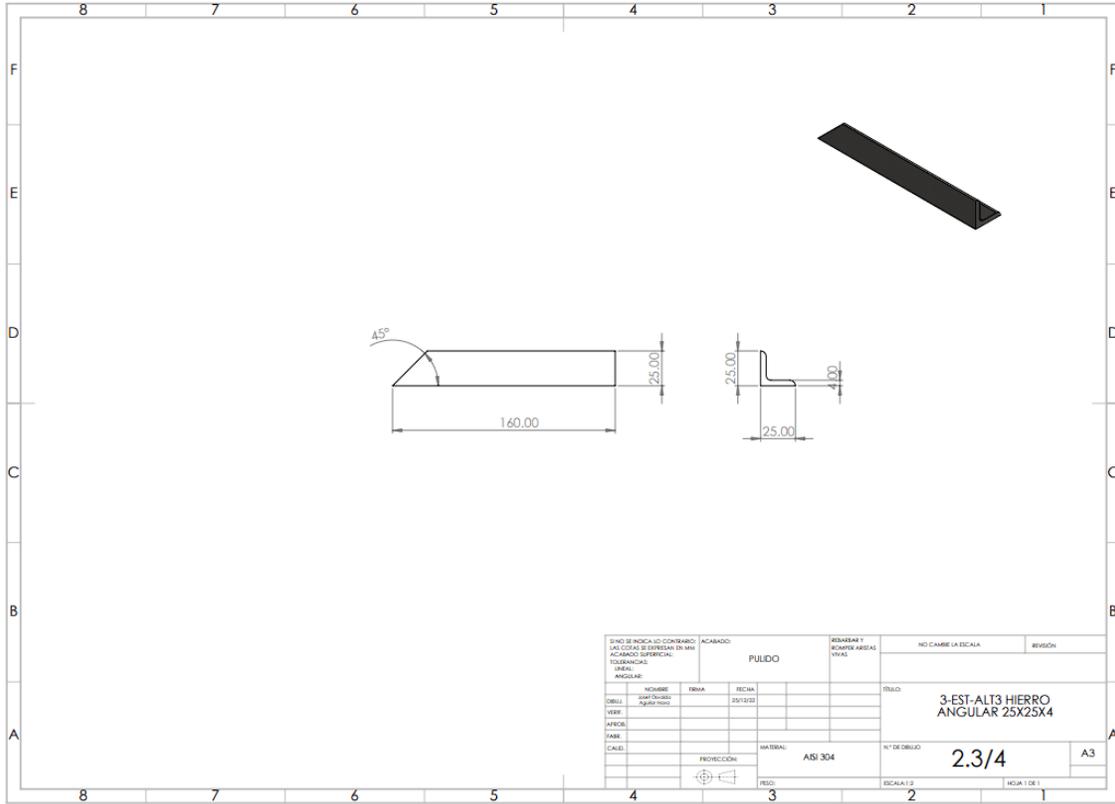
- Aguirre Vara, R. (NOVIEMBRE de 2014). *MEJORA CONTINUA*. Obtenido de ICIC:
<http://www.cmicvictoria.org/wp-content/uploads/2012/06/GU%C3%8DA-MEJORA-CONTINUA.pdf>
- Mairena Álvarez, T. A. (Diciembre de 2018). *"Diseño e instalacion de un sistema de monitoreo y control de los equipos de produccion en la empresa KAIZEN S.A. utilizando un sistema andon"*. Obtenido de Google Academico :
<https://core.ac.uk/download/pdf/250146299.pdf>
- Méndez Morales, E. R., & Betanco Ordoñez, J. B. (Junio de 2016). *Evaluación de rediseño de máquina desgranadora de frijol (Phaseolus vulgaris) en la comunidad de sabana grande en Jícaro 2015-2016*. Obtenido de Google Academico :
<http://repositorio.unflep.edu.ni/34/1/D0015-2016%20%28Listo%29.pdf>
- Alvarado Patiño , E. (1 de Abril de 2018). *Cortadora de nopal* . Obtenido de SCRIBD [Imagen]:
<https://es.scribd.com/document/375258579/Cortadora-de-Nopal>
- Alvarez Padi , F. (23 de Diciembre de 2012). *Cortadora de nopal*. Obtenido de SCRIBD [Imagen]: <https://es.scribd.com/doc/117795170/cortadora-de-nopal>
- Blanch Gonzálbez, P. (1 de 9 de 2015). *NTP 235: Medidas de seguridad en máquinas: criterios de selección*. Obtenido de CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO:
https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_235.pdf/871c5f1b-d6e2-45d4-be90-eb713d477092?version=1.0&t=1614698401280
- Contreras, L. (26 de Mayo de 2022). *Los mejores softwares CAD para todos los niveles*. Obtenido de 3Dnatives: <https://www.3dnatives.com/es/mejores-softwares-cad-programa-180320192/#!>
- Corral Ramirez , G., & Muñoz López, L. (2 de Febrero de 2016). *Implementación de dispositivo a prueba de error (poka yoke) para la eliminación de defectos de calidad en máquina de inyección de plástico*. Obtenido de Google Académico :
https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol3num6/Revista%20de%20Tecnologia%20e%20Innovacion%20V3_N6_7.pdf
- Cruz Carvajal, F. J., & Silva Gomez, U. H. (2020). *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Obtenido de Rediseño de máquina colaminadora para la fabricación de papel corrugado:
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/23859/Francisco%20Javier%20Cruz%20Carvajal.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

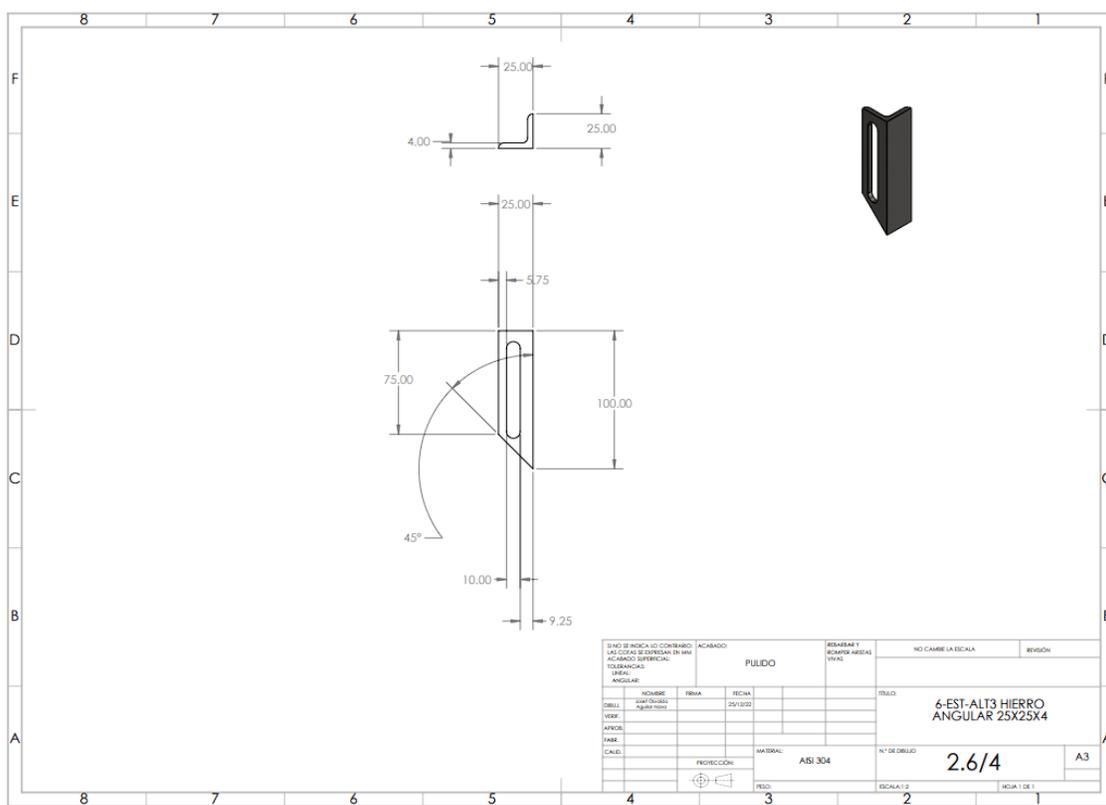
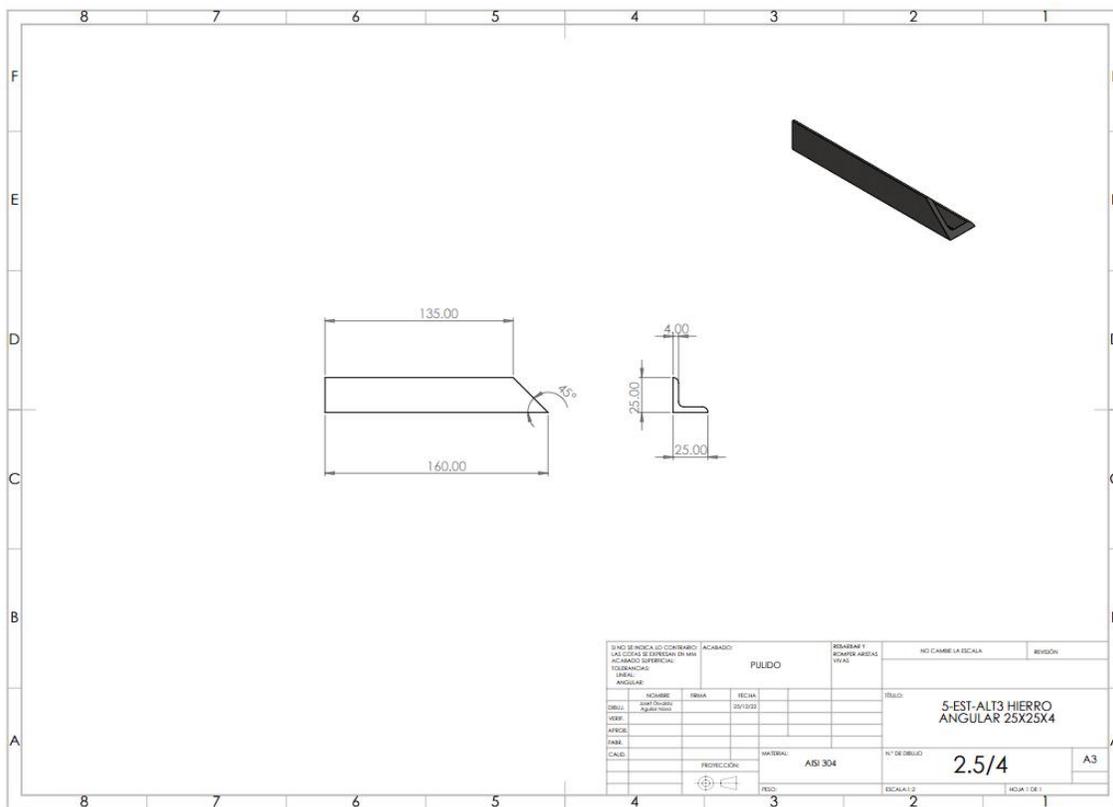
- HEFLO. (7 de JULIO de 2017). *Rediseño de procesos BPM – Definición y concepto*. Obtenido de HEFLO: <https://www.heflo.com/es/blog/mapeo-procesos/redisen-de-procesos-bpm/>
- Hernández Alvarado, O. (FEBRERO de 2015). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA PARA TIRAS DE OTATILLO(RHIPIDOCLADUM RACEMIFLORUM)*. Obtenido de Google academico: <http://reibci.org/publicados/2015/marzo/0700110.pdf>
- Ingeniería de calidad. (Julio de 2020). *Poka-yoke: Definicion,objetivos,componentes,beneficios,tipos,ejemplos*. Obtenido de Ingeniería de calidad: <https://www.ingenieriadecalidad.com/2020/07/poka-yoke.html#:~:text=Se%20concluye%20que%20los%20poka,la%20inteligencia%20de%20los%20empleados.>
- Ingeniería Mecafenix. (26 de Mayo de 2021). *¿Qué es un final de carrera y para que sirve?* Obtenido de Ingeniería Mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/final-de-carrera/>
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra , M. (2008). *Administeracion De Operaciones* . Mexico: Pearson Education .
- Mozo, J. M. (2019). *Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)*. Obtenido de Google academico: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22284/Fernandez%20Mozo%20Jhe%20likza%20Marleny.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nucamendi Guillén , S. M. (18 de Diciembre de 2007). *“Análisis de Tiempos no Productivos para establecer una mejora”*. Obtenido de Google Academico: <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/3554/MDRPI12007004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Palacio Arevalo , J. C., & Gaviria de Bedout, S. (2010). *REDISEÑO DE UNA MAQUINA BOBINADORA DE CORDONES Y DE UNA MAQUINA CORTADORA DE CORDONES EN LA EMPRESA CORDEHILOS S.A*. Obtenido de Google Academico: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4296/JuanCamilo_Palacio_Santiago_Gaviria_2010.pdf?sequence=3
- Silva Santos, L. (17 de Septiembre de 2008). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOLINO PARA NOPAL*. Obtenido de Google Academico: http://somim.org.mx/memorias/memorias2008/articulos/A1/A1_294.pdf
- Universidad San Sebastián. (2021). *Definición de prototipo*. VINCULACION CON EL MEDIO.

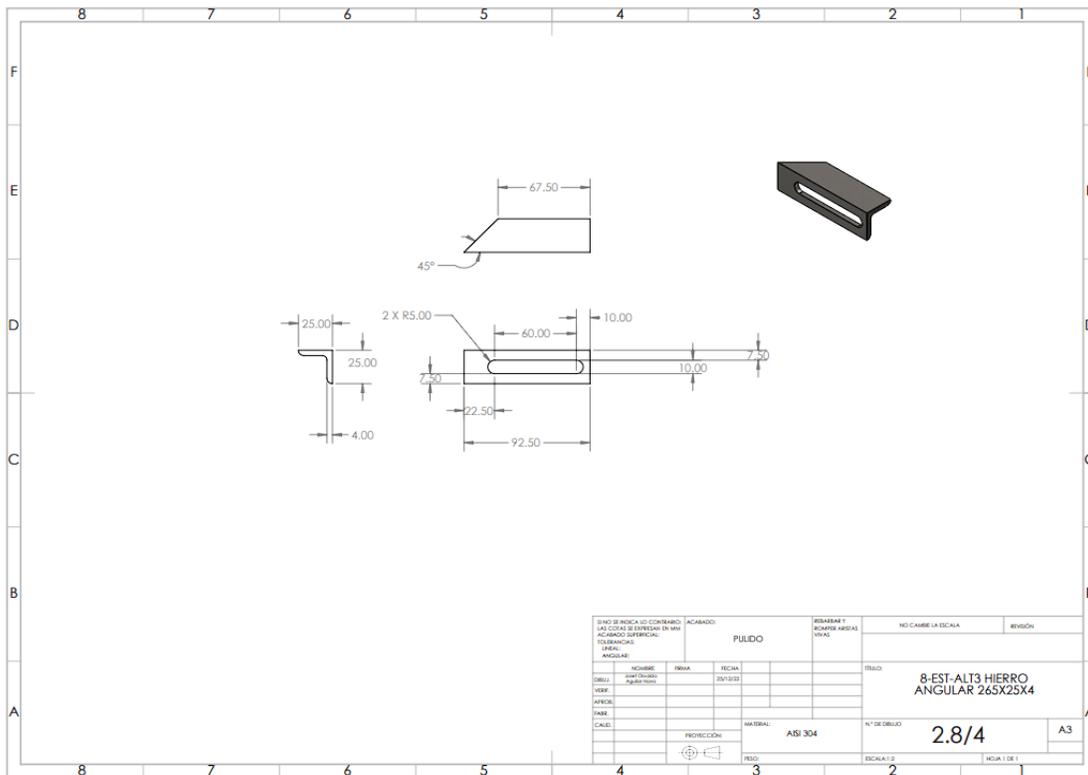
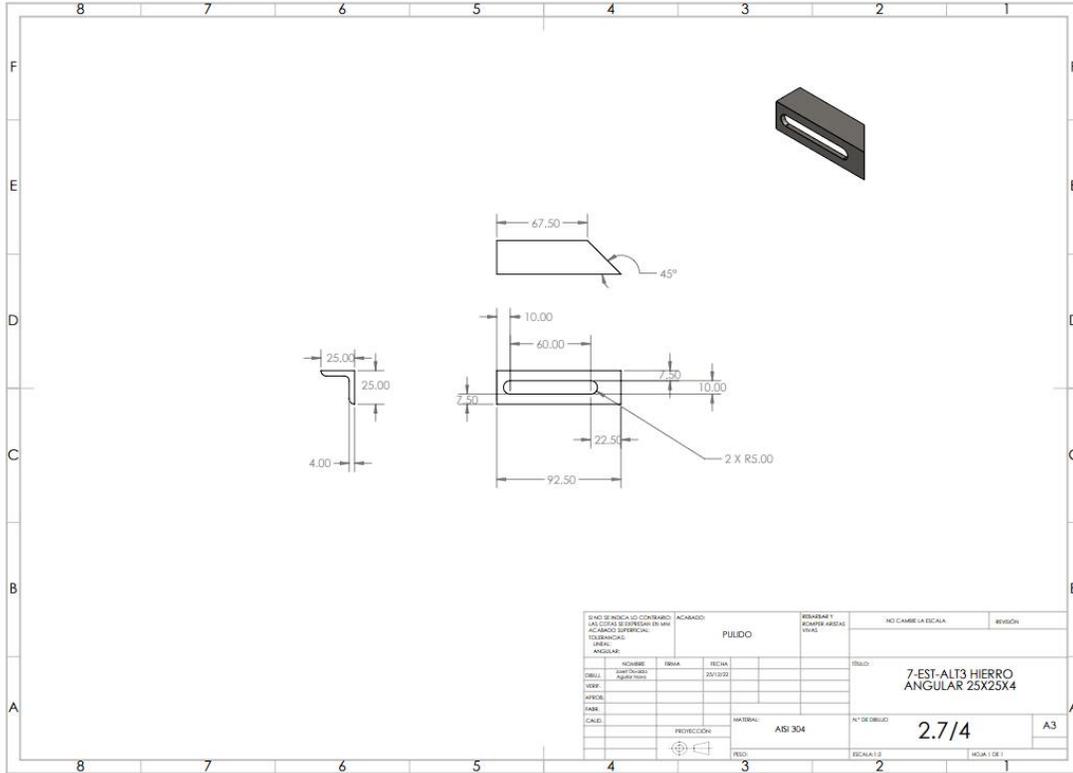
ANEXOS

Anexo I. Planos de fabricación de la estructura del árbol de navajas









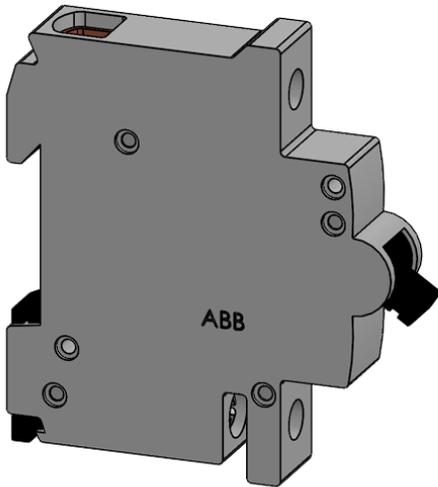
F) Diseñar y elaborar los planos de los elementos no normalizados y selección de los normalizados.

Anexo 2. Piezas normalizadas y no normalizadas del prototipo de desespinado y corte de nopal

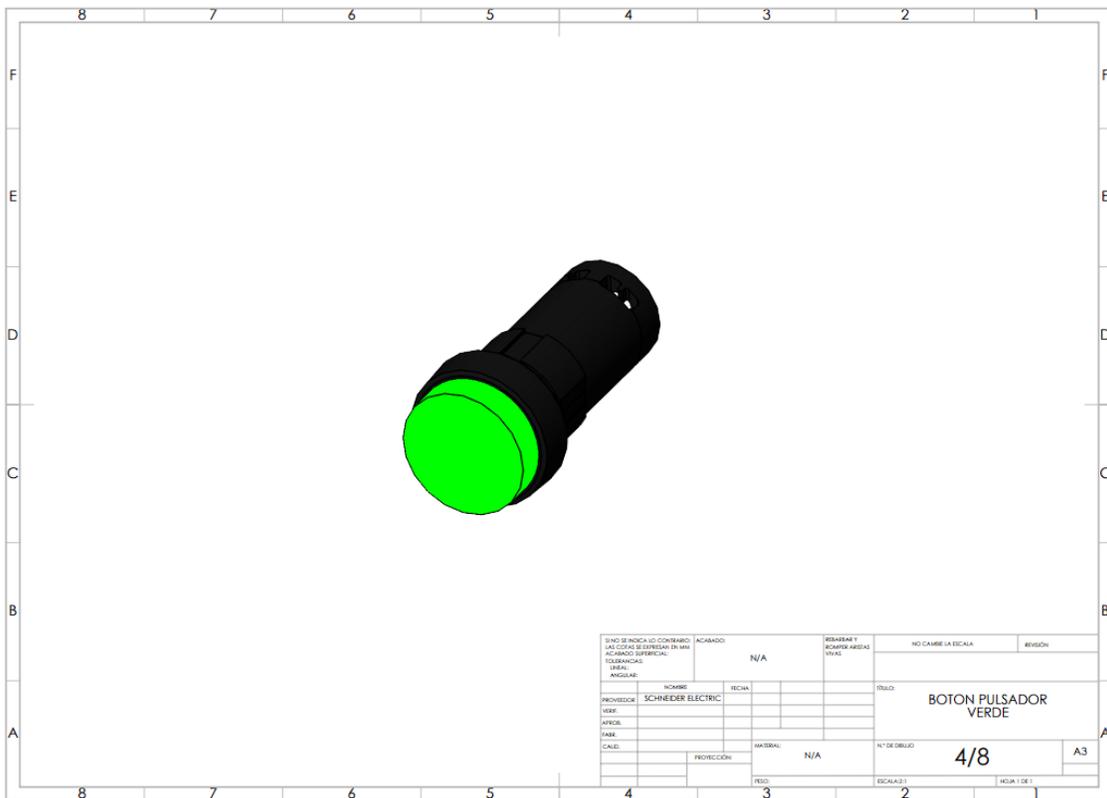
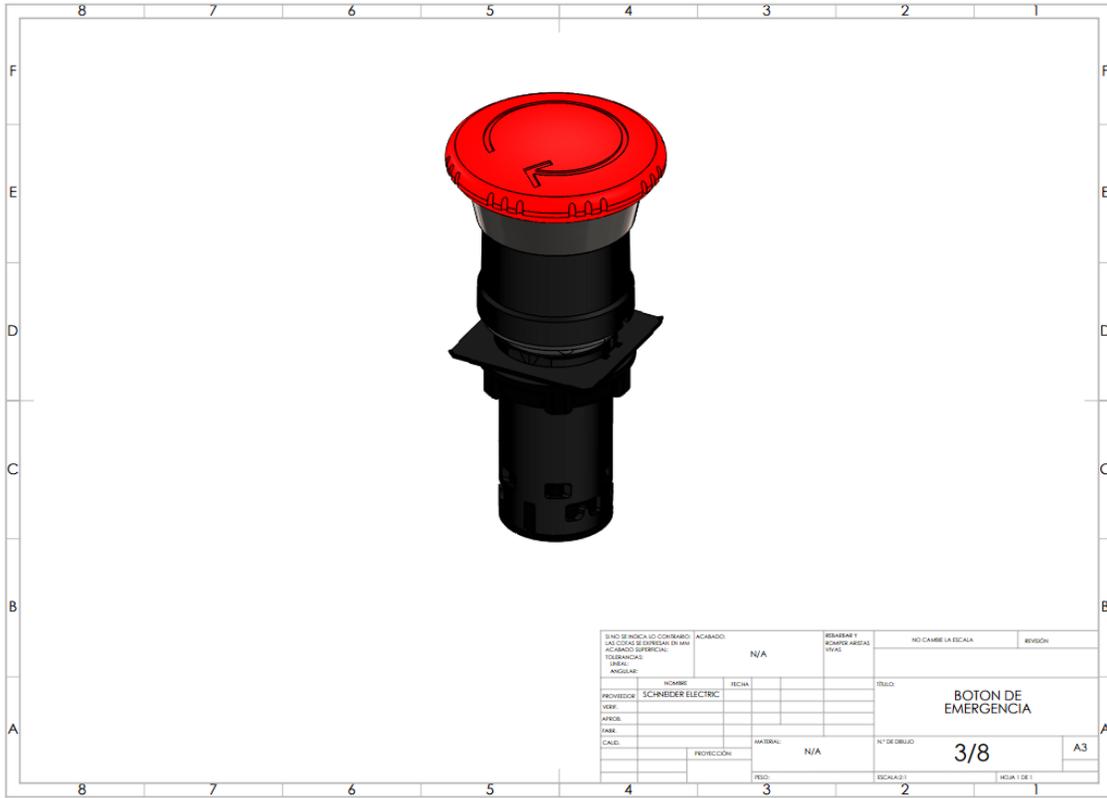
ELEMENTOS NORMALIZADOS

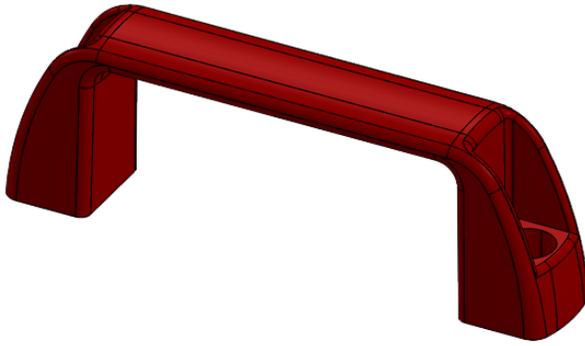


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOPOGRAFICAS		ACABADO:	N/A	REMARKS Y DIMENSIONES VITAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		NOMBRE:				
TOLERANCIAS EN MICROMETROS		PROVEEDOR:	Schneider Electric	FECHA:		
TOLERANCIAS EN DECIMOS DE MILIMETRO		USO:				
TOLERANCIAS EN CENTESIMOS DE MILIMETRO		APROBADO:				
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		DISEÑADO:				
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		VALIDADO:				
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		CALIBRO:				
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		PROTECCIÓN:				
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		MATERIAL:	N/A	Nº DE DIBUJO	1/8	A3
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		FECHA:		ESCALA:		
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		PROYECTO:		HOJA 1 DE 1		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOPOGRAFICAS		ACABADO:	N/A	REMARKS Y DIMENSIONES VITAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		NOMBRE:				
TOLERANCIAS EN MICROMETROS		PROVEEDOR:	ABB	FECHA:		
TOLERANCIAS EN DECIMOS DE MILIMETRO		USO:				
TOLERANCIAS EN CENTESIMOS DE MILIMETRO		APROBADO:				
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		DISEÑADO:				
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		VALIDADO:				
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		CALIBRO:				
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		PROTECCIÓN:				
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		MATERIAL:	N/A	Nº DE DIBUJO	2/8	A3
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		FECHA:		ESCALA:		
TOLERANCIAS EN MILIMETROS		PROYECTO:		HOJA 1 DE 1		

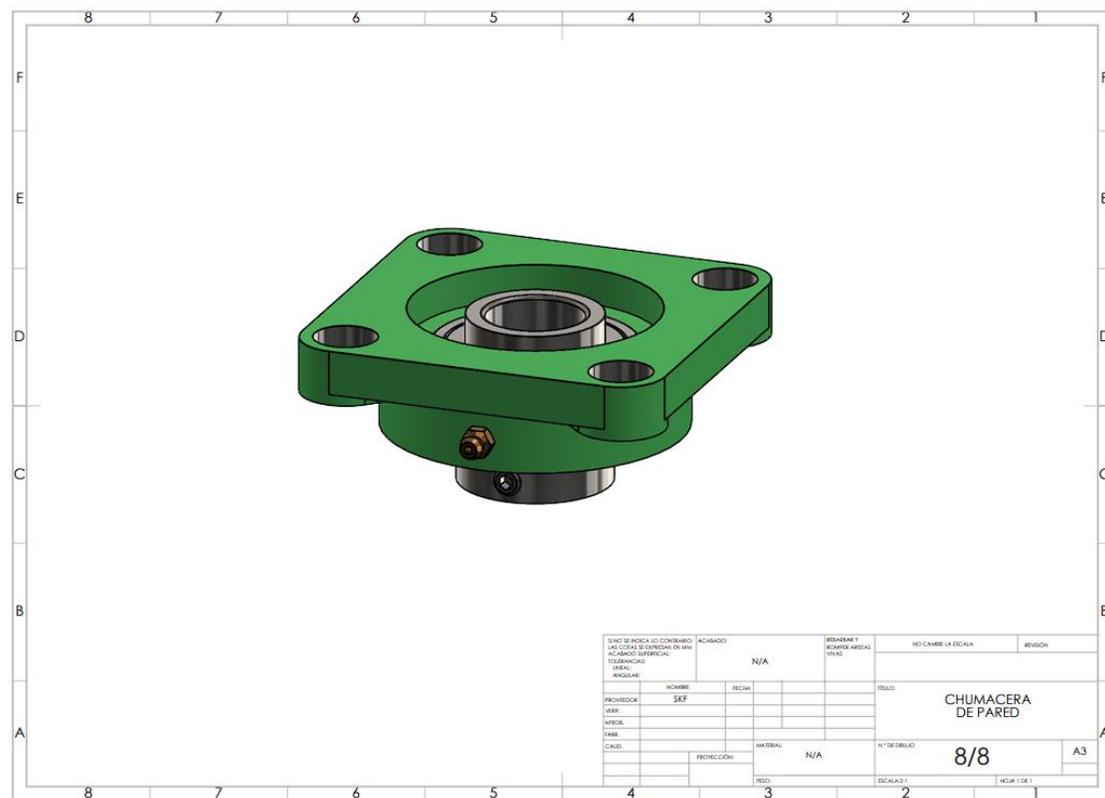
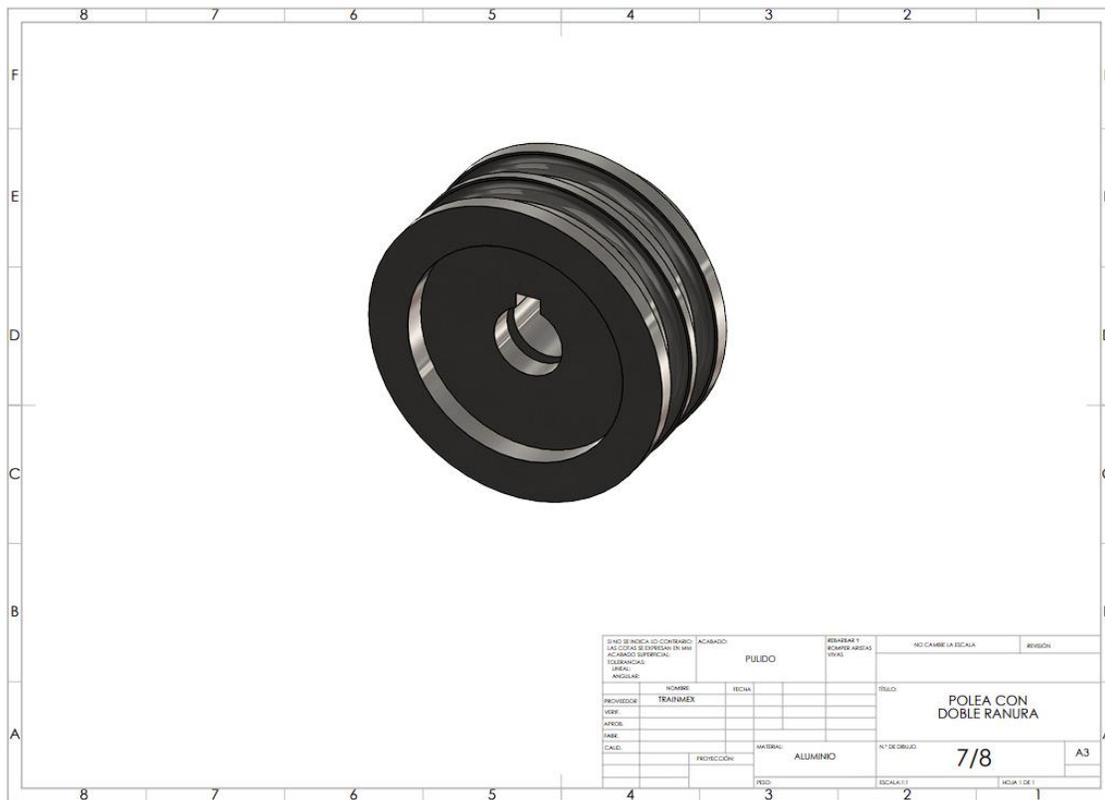


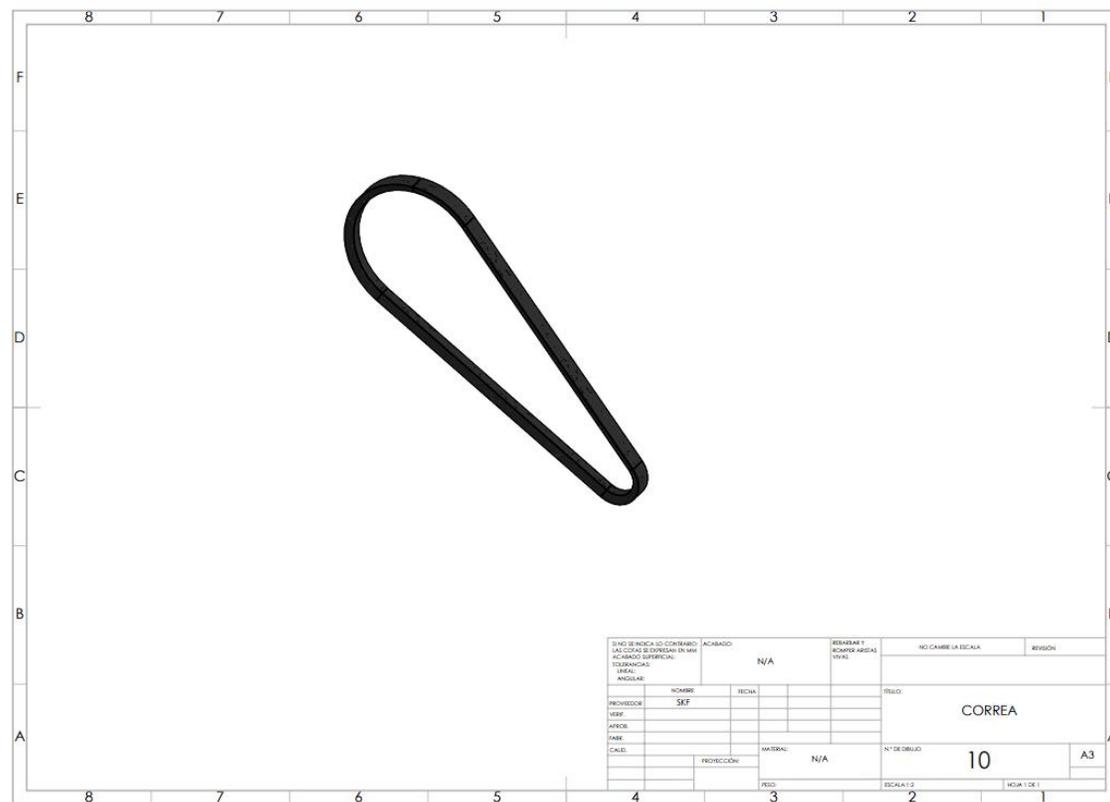
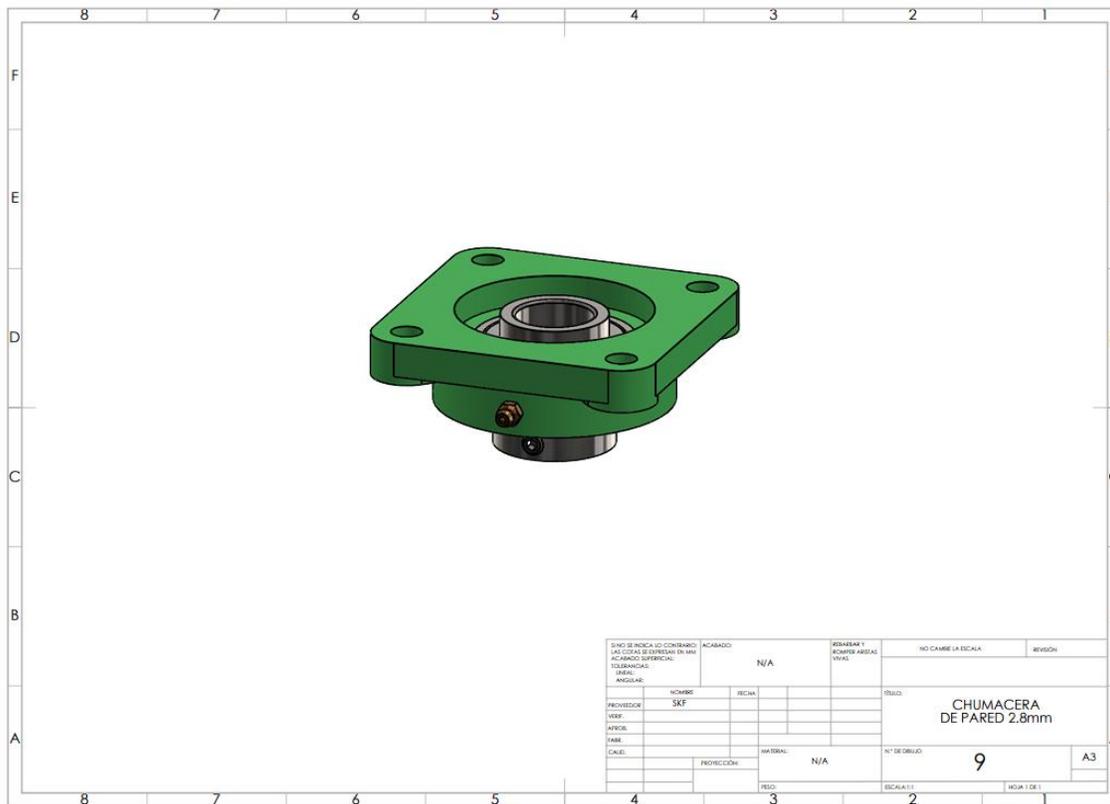


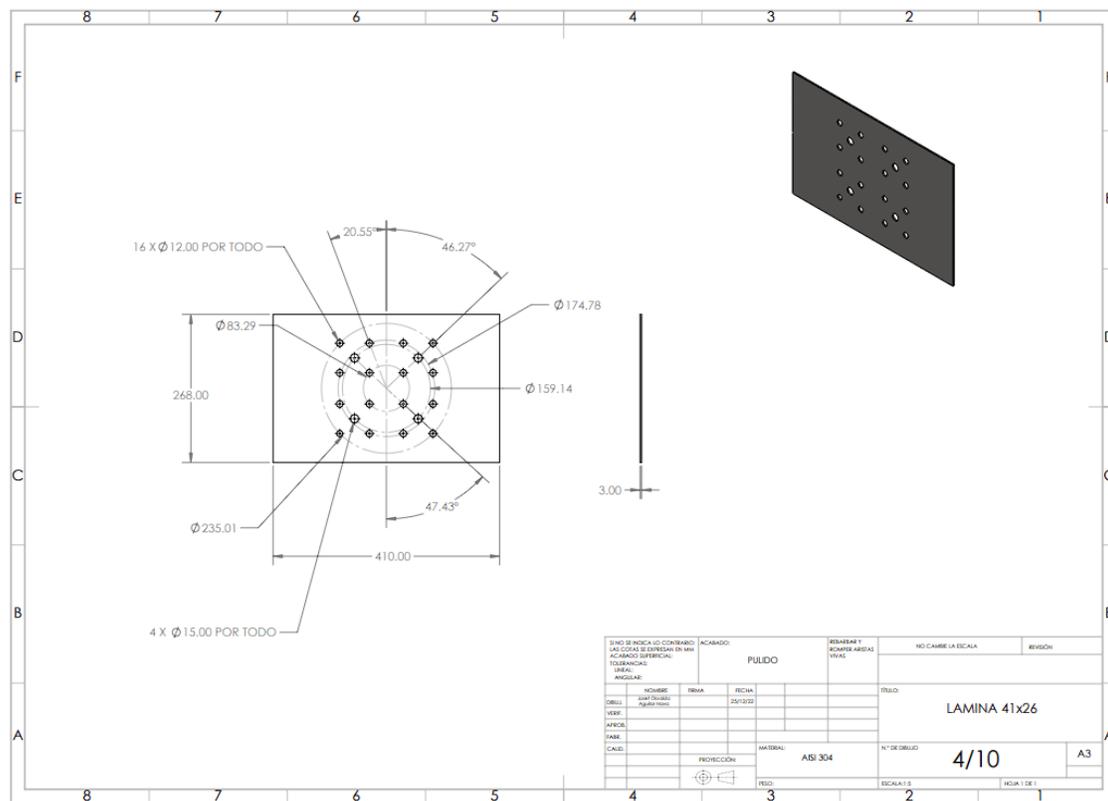
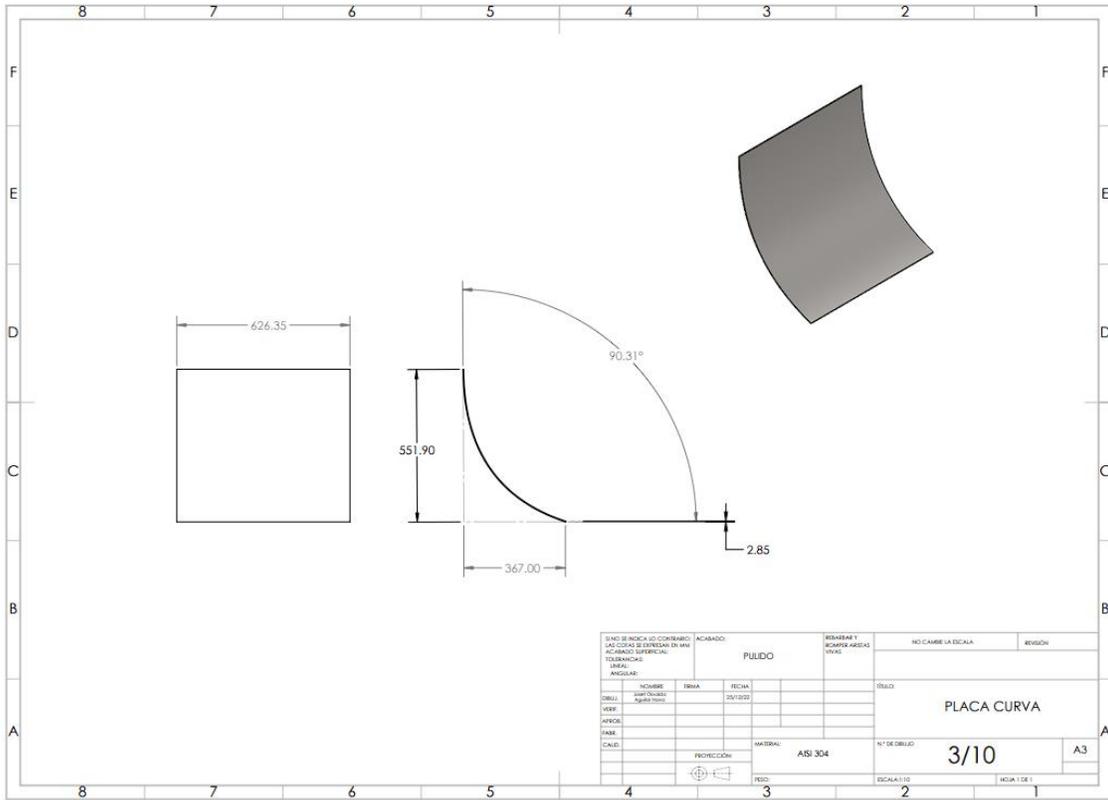
SIN O SI INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM ACABADO ESFERICAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO: N/A	REBARBANE Y ROMPSE ARISTAS VIRAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
PROVEEDOR:	NOMBRE: FANAL	FECHA:	TITULO: MANIJA		
VERIF.:			Nº DE GRUPO: 5/8		
APROB.:			ESCALA: 1:1		
DISE.:			HOJA 1 DE 1		
CALIF.:	PROYECCION:	MATERIAL: N/A	A3		
		PRECIO:			

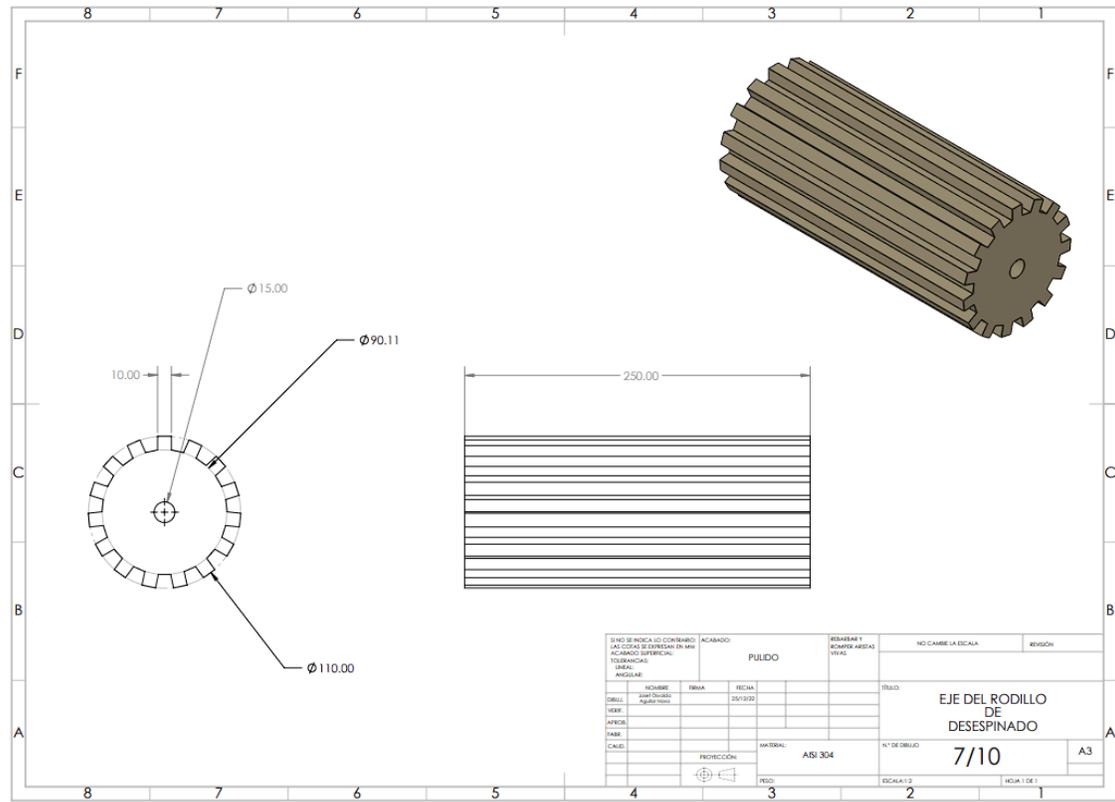
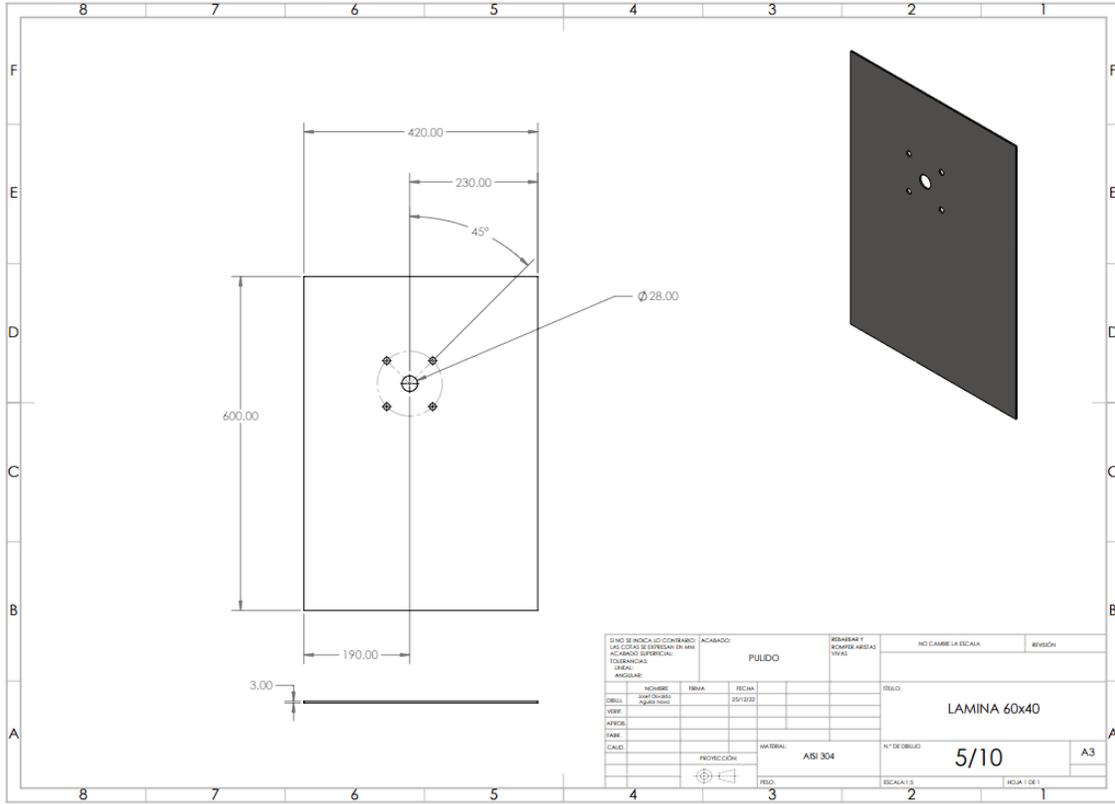


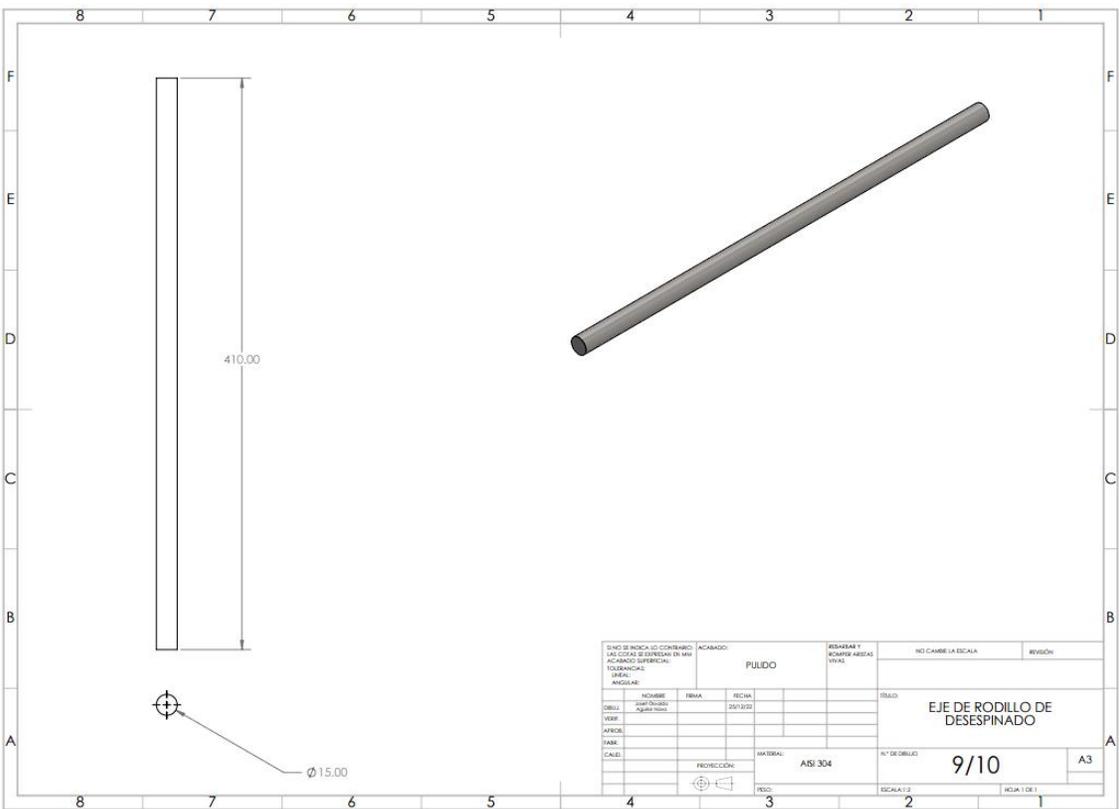
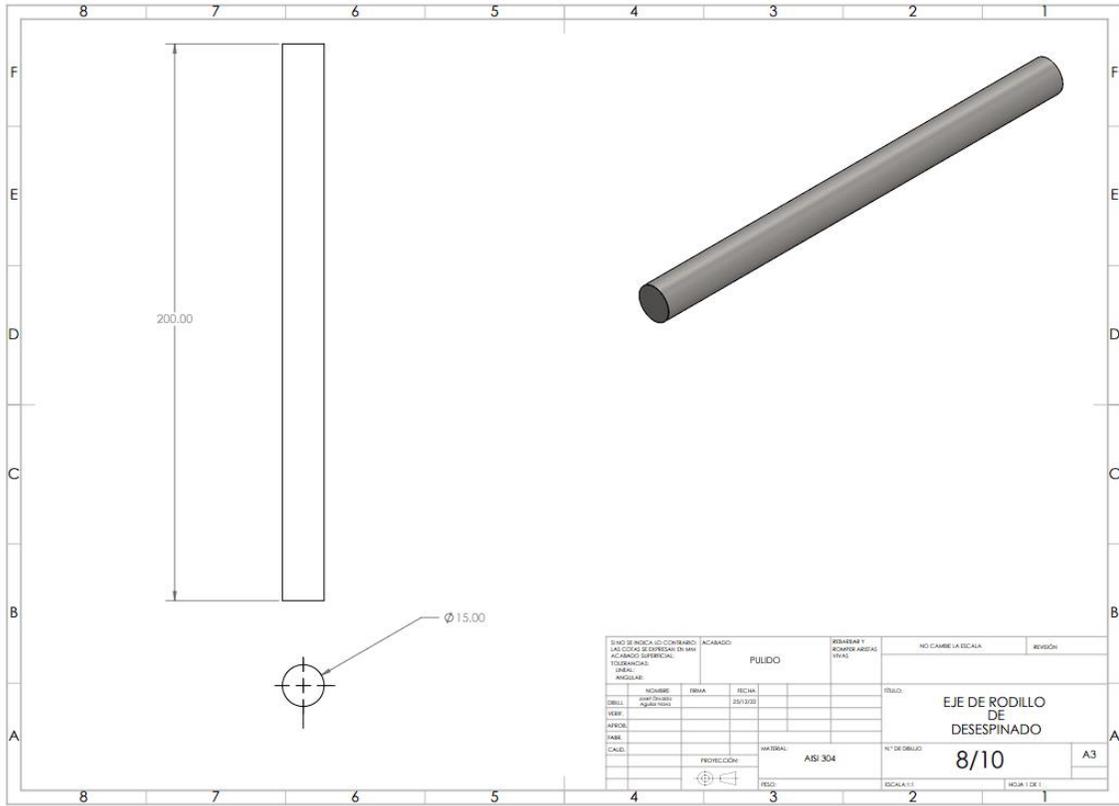
SIN O SI INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM ACABADO ESFERICAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO: N/A	REBARBANE Y ROMPSE ARISTAS VIRAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
PROVEEDOR:	NOMBRE: SCHNEIDER ELECTRIC	FECHA:	TITULO: MOTOR MONOFÁSICO		
VERIF.:			Nº DE GRUPO: 6/8		
APROB.:			ESCALA: 1:1		
DISE.:			HOJA 1 DE 1		
CALIF.:	PROYECCION:	MATERIAL: N/A	A3		
		PRECIO:			











G) Elaborar tabla de costos de los materiales para el rediseño de la máquina.

Anexo 3. Tabla de costos para el rediseño y mejoras del prototipo

GASTOS INDIRECTOS				
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDADES	C.UNITARIO	C.TOTAL
ACERO 304	50x50x5	Metros lineales	\$ 2,800.00	\$ 2,800.00
FINAL DE CARRERA ELECTRICO NA	1	125v 0.6A	\$ 400.00	\$ 400.00
MANIJA DE PLASTICO PARA PUERTA	1	N/A	\$ 160.00	\$ 160.00
ACRILICO TRASPARENTE	60x90x3	Metros lineales	\$ 580.00	\$ 580.00
TORNILLOS HEXAGONALES	20	M8	\$ 146.00	\$ 146.00
			TOTAL	\$ 4,086.00
MANO DE OBRA				
MAQUINADOS	2	Pesos MX	\$ 1,350.00	\$ 2,700.00

Anexo 4. Tablas de severidad, ocurrencia, detección y prioridad de acción del AMEF AIAG & VDA.

AMEF-1-AIAG-VDA (Julio-2019) [AMEF-1-2019-Pags. 108, 109, 195 y 196]

Criterio de Severidad (S) para Evaluación general de los Procesos (AMEFPs)					
Efectos de fallas potenciales calificadas de acuerdo a criterios abajo indicados				Vacio hasta ser llenado por el usuario	
S	Efecto	Impacto en su planta	Impacto en el envío a planta (cuando se conozca)	Impacto en el usuario final (cuando se conozca)	Ejemplos corporativos o de las líneas de productos
10	Alto	La falla puede resultar en un riesgo agudo en la salud y/o seguridad para el operador de manufactura o ensamble.	La falla puede resultar en un riesgo agudo en la salud y/o seguridad para el operador de manufactura o ensamble.	Afecta la operación segura del vehículo y/u otros vehículos, la salud del conductor o pasajero(s), o usuarios de carreteras o peatones.	
		La falla puede resultar en un incumplimiento regulatorio en planta.	La falla puede resultar en un incumplimiento regulatorio en planta.	Incumplimiento con regulaciones.	
8	Moderadamente alto	El 100% de la corrida de producción afectada puede desecharse. La falla puede resultar en un incumplimiento regulatorio en planta o un riesgo crónico en la salud y/o seguridad para el operador de manufactura o ensamble.	Paro de producción mayor que un turno completo de producción; posible paro de un envío; reparación o remplazo en campo requerido (Ensamble en el Usuario Final) diferente a algún incumplimiento regulatorio. La falla puede resultar en un incumplimiento regulatorio en planta o un riesgo crónico en la salud y/o seguridad para el operador de manufactura o ensamble.	Pérdida de alguna función primaria del vehículo, necesaria para el manejo normal durante su vida de servicio esperada.	
		El producto pudiera tener que clasificarse en una proporción para desecho/scrap (menor del 100%); decrementarse la velocidad de la línea o agregar mano de obra.	Paro de línea desde 1 hora hasta un turno de producción completo; posible paro de un envío; reparación o reemplazo en campo requerido (Ensamble en el Usuario Final) diferente a algún incumplimiento regulatorio.	Degradamiento de alguna función primaria del vehículo necesaria para el manejo normal durante su vida de servicio esperada.	
6	Moderadamente bajo	El 100% de la corrida de producción tendría que re trabajarse fuera de la línea y ser aceptada.	Paro de línea de hasta 1 hora.	Pérdida de alguna función secundaria del vehículo.	
5		Una proporción de la corrida de producción tendría que re trabajarse fuera de la línea y ser aceptada.	Menos del 100% del producto afectado; fuerte posibilidad de producto defectuoso adicional; se requiere clasificación; sin paro de línea.	Degradamiento de alguna función secundaria de vehículo.	
4		El 100% de la corrida de la producción tendría que re trabajarse en la estación antes de procesarse.	Producto defectuoso provoca planes de reacción significativos; producto defectuoso adicional no probable; clasificación no se requiere.	Es muy objetable la apariencia, sonido, vibración, dureza o tacto.	
3	Bajo	Una proporción de la corrida de la producción tendría que re trabajarse en la estación antes de procesarse.	Producto defectuoso provoca planes de reacción menores; producto defectuoso adicional no probable; clasificación no se requiere.	Es moderadamente objetable la apariencia, sonido, vibración, dureza o tacto.	
2		Leve inconveniencia al proceso, operación, u operador.	Producto defectuoso no provoca planes de reacción; producto defectuoso adicional no probable; clasificación no se requiere; se requiere retroalimentación al proveedor.	Es levemente objetable la apariencia, sonido, vibración, dureza o tacto.	
1	Muy bajo	Sin efecto discernible.	Efecto no discernible o sin efecto.	Sin efecto discernible.	

AMEF-1-AIAG-VDA (Julio-2019) [AMEF-1-2019-Pags. 111, 197, 198 y 199]

Potencial de Ocurrencia (O) para el Proceso (AMEFPs)						
Causas de fallas potenciales calificadas de acuerdo con los criterios siguientes. Se consideran controles de prevención cuando se determina el mejor estimativo de ocurrencia. Ocurrencia es un rango predictivo y cualitativo hecho en el tiempo de la evaluación y puede no reflejar la ocurrencia actual. El número de rango de ocurrencia es un rango relativo dentro del alcance del AMEF (proceso siendo evaluado) para controles de prevención con rangos de ocurrencia múltiples, usar el rango que mejor refleje la robustez del control mismo.						Vacío hasta ser llenado por el usuario
O	Predicción de Ocurrencia de las Causas de la Falla	Incidentes por 1000 ítems/partes /vehículos	Predicción de Ocurrencia de las Causas de la falla en base a tiempo	Tipos de Controles	Controles de Prevención	Ejemplos Corporativos o de las Líneas de Producto
10	Extremadamente alta	≥ 100 por mil 1 en 10	Todo el tiempo	Ninguno.	Sin Controles de prevención.	
9	Muy alta	50 por mil 1 en 20	Casi todo el tiempo	De comportamiento.	Los controles de prevención tienen un ligero efecto en la prevención de las causas de la falla.	
8		20 por mil 1 en 50	Más de una vez por turno			
7	Alta	10 por mil 1 en 100	Más de una vez por día	De comportamiento o técnicos.	Los controles de prevención son un tanto efectivos en la prevención de las causas de la falla.	
6		2 por mil 1 en 500	Más de una vez por semana			
5	Moderada	.5 por mil 1 en 2000	Más de una vez por mes		Los controles de prevención son efectivos en la prevención de las causas de la falla.	
4		.1 por mil 1 en 10000	Más de una vez por año			
3	Baja	.01 por mil 1 en 100000	Una vez por año	Mejores prácticas: De comportamiento o técnicos.	Los controles de prevención son altamente efectivos en la prevención de las causas de la falla.	
2	Muy baja	<.001 por mil 1 en 1000000	Menos de una vez por año			
1	Extremadamente bajo	La falla es eliminada a través de controles de prevención	Nunca	Técnicos.	Los controles de prevención son extremadamente efectivos en la prevención de las causas de la falla, de que ocurran debido al diseño (ej., geometría de la parte) o proceso (ej., diseño del dispositivo o herramental). Intención de los controles de prevención – los modos de falla no pueden ser producidos físicamente debido a las causas de la falla misma.	

AMEF-1-AIAG-VDA (Julio-2019) [AMEF-1-2019-Pags. 112, 113, 200 y 201]

Potencial de Detección (D) para la Validación del Diseño del Proceso (AMEFPs)				
Controles de Detección calificados de acuerdo a la Madurez del Método de Detección y a las Oportunidades de Detección.				Vacio hasta ser llenado por el usuario
D	Habilidad de Detectar	Madurez del Método de Detección	Oportunidades para Detección	Ejemplos Corporativos o de las Líneas de Producto
10	Muy bajo	Método de inspección o prueba no se ha establecido o no se conoce.	El modo de la falla no es o no puede ser detectado.	
9		No es probable que el método de inspección o prueba detecte el modo de la falla.	El modo de la falla no es fácilmente detectado a través de auditorías aleatorias o esporádicas.	
8	Bajo	El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (ej., la planta tiene poca o no experiencia con el método, resultados marginales de estudios R&R de gages en procesos comparables o en esta aplicación, etc.).	Inspección humana (visual, táctil, audible), o uso manual de gages (atributos o variables) que debieran detectar el modo o causas de la falla.	
7		El método de inspección o prueba no ha sido probado para ser efectivo y confiable (ej., la planta tiene poca o no experiencia con el método, resultados marginales de estudios R&R de gages en procesos comparables o en esta aplicación, etc.).	Detección en base a un equipo/máquina (automatizado o semi automatizado con notificación por una luz, alarma, etc.), o uso de un equipo de inspección tal como, una máquina de medición por coordenadas (CMM) que debiera detectar el modo o causas de la falla.	
6	Moderado	El método de inspección o prueba ha sido probado para ser efectivo y confiable (ej., la planta tiene poca o no experiencia con el método, resultados marginales de estudios R&R de gages en procesos comparables o en esta aplicación, etc.).	Inspección humana (visual, táctil, audible), o uso manual de gages (atributos o variables) que detectan el modo o causas de la falla (incluyendo chequeos de muestras del producto).	
5		El método de inspección o prueba ha sido probado para ser efectivo y confiable (ej., la planta tiene poca o no experiencia con el método, resultados marginales de estudios R&R de gages en procesos comparables o en esta aplicación, etc.).	Detección en base a un equipo/máquina (semi automatizado con notificación por una luz, alarma, etc.), o uso de un equipo de inspección tal como, una máquina de medición por coordenadas (CMM) que detecte el modo o causas de la falla (incluyendo chequeos de muestras del producto).	
4	Alto	El sistema ha sido probado ser efectivo y confiable (ej., la planta cuenta con experiencia en el método con procesos idénticos o en esta aplicación), resultados de estudios R&R de gages son aceptables, etc.	Método de detección automatizado en base a un equipo/máquina que detecte el modo de la falla flujo abajo , que previene algún procesamiento adicional o un sistema que identifique el producto como discrepante y le permita fluir a delante en forma automática en el proceso hasta un área de rechazo y descarga designada. El producto discrepante es controlado robusto que previene el flujo del producto fuera de las instalaciones.	
3			Método de detección automatizado en base a un equipo/máquina, que detecta el modo de la falla en la estación , previene algún procesamiento adicional o un sistema que identifique el producto como discrepante y le permita fluir adelante en forma automática en el proceso hasta un área de rechazo y descarga designada. El producto discrepante es controlado robusto que previene el flujo del producto fuera de las instalaciones.	
2			El método de detección ha sido efectivo y confiable (ej., la planta tiene experiencia en el método, en verificaciones a prueba de errores, etc.).	Método de detección/máquina que detecta las causas y previene el modo de la falla (parte discrepante) al ser producida.
1	Muy alto	El modo de la falla no puede producirse físicamente conforme ha sido diseñado o procesado, o los métodos de detección probados siempre detectan el modo o las causas de la falla.		

Prioridad de Acción (AP) para AMEFP							En blanco hasta que sea llenado por el usuario
La Prioridad de Acción está basada en combinaciones de clasificaciones de Severidad, Ocurrencia, y Detección para priorizar acciones para la reducción del riesgo.							
Efecto	S	Predicción de que Ocurra la Causa de la Falla	O	Capacidad para Detectar	D	Prioridad de Acción (AP)	Comentarios
Efecto de Planta o Producto Muy Alto	9-10	Muy alto	8-10	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-4	H	
				Muy alto	1	H	
		Alto	6-7	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-4	H	
				Muy alto	1	H	
		Moderado	4-5	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-4	H	
				Muy alto	1	M	
		Bajo	2-3	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	M	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
Muy bajo	1	Muy alto – Muy bajo	1-10	L			
Efecto de Planta o Producto Alto	7-8	Muy alto	8-10	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-4	H	
				Muy alto	1	H	
		Alto	6-7	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-4	H	
				Muy alto	1	M	
		Moderado	4-5	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	M	
				Alto	2-4	M	
				Muy alto	1	M	
		Bajo	2-3	Bajo – Muy bajo	7-10	M	
				Moderado	5-6	M	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
Muy bajo	1	Muy alto – Muy bajo	1-10	L			

AIAG-VDA AMEF 1era. Edición 2019.

Efecto	S	Predicción de que Ocurra la Causa de la Falla	O	Capacidad para Detectar	D	Prioridad de Acción (AP)	Comentarios
Efecto de Planta o Producto Moderado	4-6	Muy alto	8-10	Bajo – Muy bajo	7-10	H	
				Moderado	5-6	H	
				Alto	2-4	M	
				Muy alto	1	M	
		Alto	6-7	Bajo – Muy bajo	7-10	M	
				Moderado	5-6	M	
				Alto	2-4	M	
				Muy alto	1	L	
		Moderado	4-5	Bajo – Muy bajo	7-10	M	
				Moderado	5-6	L	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
		Bajo	2-3	Bajo – Muy bajo	7-10	L	
				Moderado	5-6	L	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
Muy bajo	1	Muy alto – Muy bajo	1-10	L			
Efecto de Planta o Producto Bajo	2-3	Muy alto	8-10	Bajo – Muy bajo	7-10	M	
				Moderado	5-6	L	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
		Alto	6-7	Bajo – Muy bajo	7-10	L	
				Moderado	5-6	L	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
		Moderado	4-5	Bajo – Muy bajo	7-10	L	
				Moderado	5-6	L	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
		Bajo	2-3	Bajo – Muy bajo	7-10	L	
				Moderado	5-6	L	
				Alto	2-4	L	
				Muy alto	1	L	
Muy bajo	1	Muy alto – Muy bajo	1-10	L			
No Efecto Discernible	1	Muy bajo – Muy alto	1-10	Muy alto – Muy bajo	1-10	L	