

**Diseño y desarrollo de un prototipo funcional: desgranadora de arveja para un
mercado local**

PRESENTADO POR

Jossie Steven Rodríguez Goyeneche

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE

Licenciado en Diseño Tecnológico

ASESORA

Mg. Patricia Téllez López

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Educadora de educadores

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

PROGRAMA DE LIC. EN DISEÑO TECNOLÓGICO

Bogotá 2020

Copyright © 2020 por Jossie Rodríguez. Todos los derechos reservados.

PROTOTIPO: DESGRANADORA DE ARVEJA

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, especialmente a mi madre y mi padre, sin su apoyo incondicional y tesón por el porvenir de sus retoños no habría sido posible allanar el rumbo que conduce a la bienaventuranza. A la sin par, mi compañera de vida, que en todos los conceptos que del amor se dice, los suyos andan en un mismo camino en favor de la nuestra ventura. A mis amigos, cuan firme ha sido la correspondencia de su amistad que ha sabido guardarse en todos estos años. Hago una mención especial, enhorabuena a aquellos profesores y funcionarios que en todo tiempo asistieron con sus valiosas palabras y orientaciones en las prevenciones tan necesarias del trasegar personal y académico en la universidad. En memoria de las huellitas estelares que ofrecieron con su luz la protección y el camino en medio de esa delgada línea que recorrí entre las sombras; a las que aún me acompañan, modelan un mundo de significados en su mirada de una o de todas las maneras ligada a una utopía profunda e inexpugnable en el límite humano.

*“Al hombre de
trabajo, a los
que consagran
su vida a esta
sublime misión,
valor positivo
de los pueblos”.*

A. L. Casillas

Agradecimientos

Reitero mis profundos agradecimientos a familiares, compañera y amigos presentes en algún momento o en todos como parte fundamental de mi proceso de crecimiento humano y profesional, deseo para ustedes, lo que ustedes para mí: larga vida, salud y prosperidad en sus proyectos.

Estoy especialmente agradecido con el Ingeniero Juan Romero, lo que yo solía creer un abstracto postergado entre las hojas y las líneas conceptuales. Con su crítica, exigencia y aliento me animará positivamente a convertirlo en ideas tangibles. El apoyo de su guía maestra como la de un padre y amigo, me enseñó a potenciar mi trabajo en un centenar de proyectos académicos, pero principalmente en este ejercicio final. Su inconmensurable ayuda fueron el sostén en los buenos y malos momentos, estoy en deuda por permitirme disponer del taller de trabajo, las herramientas y esencialmente sus conocimientos para atender las dudas e inquietudes que surgieron cuando parecía que este trabajo no tendría fin.

Quiero agradecer a quien, en calidad de asesora, a la profesora Patricia Téllez por haber depositado su confianza en mí y en este trabajo, sin su dirección no habría tenido la misma oportunidad de culminar este ejercicio académico en una etapa fundamental de mi formación, pues si algo no andaba como pareciera o no tan acertado como debiera, de su continuo entendimiento volviera a su lugar.

En particular, me gustaría agradecer al coordinador de la Licenciatura en Diseño Tecnológico Fabio González, al rector Leonardo Martínez en otrora decano de C&T, al profesor Helbert Choachi en otrora secretario general de la universidad, a la profesora Piedad Ortega y a un sin número de docentes, trabajadores y funcionarios por su inestimable solidaridad en pro de los menesterosos. Al director del Departamento de Tecnología, profesor Nilson Valencia por su compromiso con la promoción académica y profesional de sus estudiantes.

Gracias a la Universidad Pedagógica Nacional, más allá de sus espacios físicos, su simbolismo geográfico, sus aulas, paredes y pasillos habitados por un “mar de fueguitos” e historias emblemáticas del aprendizaje de las ciencias, la pedagogía y el lucido ejemplo de la vocación de los educadores abnegados en la encomiable labor de la educación. Presenciamos en nuestra universidad las vicisitudes propias de la exigencia académica de nuestra formación disciplinar, pero también suscitamos en las discusiones el entramado histórico de la realidad quebrantada en las entrañas de la sociedad colombiana, sus innumerables contradicciones manifiestas en el conflicto social y económico, las reflexiones desde la ciencia, la tecnología, los procesos educativos y su indiscutible relación con los abrumadores problemas sociales presentes en el país. En virtud de estas causas objetivas es que esgrime el campo de acción la profesión docente, pues nunca más miraremos la vida de la misma manera, asistiremos a ella con el tesón temerario y altivo bajo el principio de un buen deseo fundante de la fuerza orgánica quijotesca: *“Caballero soy armado, que corre el mundo para desfacar agravios y enderezar entuertos, y no podría sin esta mi lanza, en cuya punta está el hierro de la justicia, y sin esta espada que me sirve, y la paz de Dios sea con todos”*. El desvelo advierte que no es poco velar el ideal en la escuela-taller del sueño colectivo de un mundo otro posible, sino que debemos persistir desde nuestra labor profesional para materializar el talante de aquella utopía. Doy gracias por haber cumplido un sueño en el alma máter, aunque en adelante haya leguas de distancia, confiamos en la entereza de las nuevas generaciones por el respeto y su defensa como epicentro de las discusiones y propuestas pedagógicas en el sistema de educación general y la educación popular en sintonía con la amalgama de contextos sociales que fundan el país que nos falta por conocer, por eso la queremos siempre pública y abierta a la sociedad. Gracias a la Educadora de Educadores, con generosidad abrió sus puertas para transformar nuestro porvenir, por el júbilo de las voluptuosidades e inspiraciones brindadas y la indescriptible fuerza indómita de sus espacios de discusión política, reflexión pedagógica y rigurosidad académica. UPN, nuestra segunda casa.

RESUMEN

El presente trabajo expone el proceso de diseño y desarrollo de un prototipo desgranador de arveja cuya concepción estuvo inmersa en el segmento de un mercado local dedicado a la comercialización de arveja verde fresca.

Algunos de los problemas evidenciados en el desgranado manual de arveja están relacionados con la manipulación del grano, precariedad en el puesto de trabajo, adopción de posturas corporales disfuncionales y esfuerzo físico considerable que ocasiona algunas molestias articulares en las extremidades superiores del cuerpo humano producto de la repetición del trabajo manual en jornadas continuas para satisfacer la demanda del producto desgranado. Otro aspecto a resaltar es que los mercados locales al verse abocados a doblar la fuerza de trabajo, se deduce un incremento importantemente en el precio del producto ofrecido al consumidor.

Por lo tanto, la intervención técnica de la situación problema planteada se aborda desde la aplicación de la metodología con marco de referencia lógico propuesta por Nigel Cross para el diseño y desarrollo de un prototipo funcional de bajo costo desde lo conceptual y físico. Los requerimientos de diseño del prototipo ponen en consideración algunos aspectos tales como productos comerciales, patentes, antecedentes académicos, información recaudada en el contexto, la forma, la estética, modelado en 3D, elaboración de planos constructivos y factores técnicos relacionados con la selección de materiales, cálculo de elementos mecánicos, ergonomía, costos, características de diseño y especificaciones de rendimiento determinantes en la fabricación del prototipo funcional para desgranar arveja.

La función de dicho dispositivo le concierne además del desgranado de arveja, la sustitución de la técnica artesanal por medio de un sistema mecánico-motriz eficiente que impacte positivamente en la salud de las personas y la calidad del producto.

Tabla de Contenidos

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
Descripción y formulación del problema	3
Identificación del problema	3
Problema general	5
Problemas específicos.....	6
Pregunta orientadora.....	7
JUSTIFICACIÓN.....	8
Definición de la necesidad.....	12
Metodología de diseño.....	13
OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
CAPÍTULO 2: MARCO DE REFERENCIA	17
Revisión documental	17
La arveja	17
Tipos de desgranado.....	25
Técnica de desgranado manual.....	25
Desgrane mecánico.....	26
Máquinas comerciales para desgranar arveja	30
Antecedentes.....	30
Análisis de Actividad	35
En contexto	36
CAPÍTULO 3: PROCESO DE DISEÑO.....	38
Clarificación de objetivos.....	38
Identificación de causas.....	38
Examen de efectos	39
Árbol de causas y efectos	40
Árbol de objetivos	41
Formulación de acciones	42

Definición de alternativas	43
Árbol de medios (acciones)	44
Establecimiento de funciones	45
Análisis de funciones	46
Fijación de requerimientos	47
Atributos del prototipo	48
Especificación del rendimiento	48
Determinación de características	52
Despliegue de la función de calidad	54
Generación de alternativas	55
Lista de funciones	55
Medios para realizar funciones	55
Diagrama morfológico	56
Evaluación de alternativas	57
Mejora de detalles	59
CAPÍTULO 4: SELECCIÓN DE UN CONCEPTO DE DISEÑO	60
Propuestas de diseño	60
A.) Modelo conceptual de rodillos paralelos alineados horizontalmente	60
B.) Modelo práctico de rodillos paralelos alineados verticalmente	61
C.) Modelo visual de rodillos paralelos desalineados verticalmente	63
Selección de diseño	65
Diseño	66
Fortalezas	67
Debilidades	68
Funcionamiento	68
Componentes principales del prototipo	69
Rodillos	69
Motorreductor DC	69
Carcasa	70
Estructura	71
Circuito electrónico	71
Cálculos	73
Costos	74
Pruebas	86

Prueba a la estructura de aluminio del prototipo	87
Prueba del sistema de rodillos	88
Prueba del sistema de transmisión.....	89
Prueba del circuito electrónico y el motor	90
Especificaciones del prototipo.....	91
ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO.....	93
Alcances.....	93
Limitaciones	94
CONCLUSIONES	96
Recomendaciones.....	103
REFERENCIAS.....	105
ANEXOS	110
IMAGEN DEL PROYECTO.....	155
Nombre.....	155
Eslogan	155
Logotipo	156

Lista de Esquemas

Esquema 1. <i>Pasos del proceso de diseño</i>	15
Esquema 2. <i>Identificación de causas (problema)</i>	39
Esquema 3. <i>Examen de efectos (problema)</i>	39
Esquema 4. <i>Árbol de causas y efectos (problema)</i>	40
Esquema 5. <i>Árbol de objetivos (problema)</i>	41
Esquema 6. <i>Formulación de acciones</i>	42
Esquema 7. <i>Definición de alternativas</i>	43
Esquema 8. <i>Árbol de medios (acciones)</i>	44
Esquema 9. <i>Caja negra de entradas y salidas</i>	45

Esquema 10. <i>Caja negra con funciones</i>	45
Esquema 11. <i>Caja transparente de relaciones, procesos y funciones secundarias</i>	47
Esquema 12. <i>Atributos del prototipo</i>	48
Esquema 13. <i>Determinación de características</i>	52
Esquema 14. <i>Determinación de características primarias, secundarias, terciarias</i>	53
Esquema 15. <i>Configuración de los rodillos para orientar granos</i>	59
Esquema 16. <i>Funcionamiento de los rodillos</i>	68
Esquema 17. <i>Esquema de circuito electrónico</i>	72
Esquema 18. <i>Diagrama de operación del prototipo</i>	92

Lista de Imágenes

Imagen 1. <i>Áreas sembradas con arveja y la participación departamental</i>	23
Imagen 2. <i>Desgranado manual de arveja</i>	26
Imagen 3. <i>Sistema de inyección hidrostática</i>	27
Imagen 4. <i>Desgranado por ventilación</i>	28
Imagen 5. <i>Desgranadora de sistema por trillado</i>	29
Imagen 6. <i>Tortilladora de masa de maíz</i>	29
Imagen 7. <i>Patente US937270A</i>	32
Imagen 8. <i>Patente US1704427A</i>	33
Imagen 9. <i>CAD de máquina desgranadora de arveja y frijol</i>	34
Imagen 10. <i>Máquina semiautomática desgranadora y dosificadora de arveja para el sector artesanal</i>	35
Imagen 11. <i>Presentaciones de la arveja</i>	36
Imagen 12. <i>Mercado local de barrio</i>	37

Imagen 13. <i>Modelo conceptual, isométrico</i>	60
Imagen 14. <i>Modelo conceptual, vista de planta</i>	61
Imagen 15. <i>Modelo práctico 1</i>	62
Imagen 16. <i>Modelo práctico 2</i>	62
Imagen 17. <i>Modelo visual 1</i>	63
Imagen 18. <i>Modelo visual 2</i>	64
Imagen 19. <i>Modelo visual 3</i>	64
Imagen 20. <i>Rodillos para desgranar arveja</i>	67
Imagen 21. <i>Vista en detalle de rodillo revestido</i>	69
Imagen 22. <i>Isométrico de motorreductor</i>	70
Imagen 23. <i>Isométrico de carcasa del prototipo</i>	70
Imagen 24. <i>Estructura y prototipo en vista isométrica</i>	71
Imagen 25. <i>Representación tridimensional del circuito electrónico</i>	72
Imagen 26. <i>Barra en aluminio de 1½"</i>	78
Imagen 27. <i>Proceso de moleteado</i>	78
Imagen 28. <i>Corte con sierra de arco</i>	79
Imagen 29. <i>Rodillo terminado y revestido</i>	79
Imagen 30. <i>Platina en aluminio de 1½" x 50 cm</i>	80
Imagen 31. <i>Platina en aluminio de 1½" con rodamiento de 19 mm x 8 mm</i>	80
Imagen 32. <i>Premontaje del sistema mecánico</i>	81
Imagen 33. <i>Platinas estructurales terminadas</i>	81
Imagen 34. <i>Preparación del montaje del motor</i>	82
Imagen 35. <i>Montaje parcial de la estructura</i>	82

Imagen 36. <i>Ajuste preliminar del sistema de transmisión</i>	83
Imagen 37. <i>Modelo de la carcasa en cartón</i>	83
Imagen 38. <i>Montaje de carcasa y guarda</i>	84
Imagen 39. <i>Sistema de control del prototipo</i>	84
Imagen 40. <i>Sistema de alimentación y protección eléctrica</i>	85
Imagen 41. <i>Transformador eléctrico 110 V a 12 V de 1 amperio</i>	85
Imagen 42. <i>Circuito electrónico del prototipo</i>	86
Imagen 43. <i>Vista del prototipo completo</i>	86
Imagen 44. <i>Ajuste a la estructura del prototipo</i>	87
Imagen 45. <i>Prueba de funcionamiento del sistema mecánico y rodillos</i>	88
Imagen 46. <i>Rodillos revestidos</i>	89
Imagen 47. <i>Nomenclatura de los componentes mecánicos</i>	90
Imagen 48. <i>Prueba del circuito electrónico</i>	90

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Cronología de algunos eventos en el mundo destacados sobre la arveja</i>	18
Tabla 2. <i>Valor nutritivo de las arvejas desgranadas</i>	24
Tabla 3. <i>Magnitudes de la vaina y la arveja</i>	25
Tabla 4. <i>Matriz de desgranadoras de arveja comerciales</i>	30
Tabla 5. <i>Caja negra, entradas, procesos y salidas</i>	46
Tabla 6. <i>Especificaciones y características de diseño del prototipo</i>	50
Tabla 7. <i>Despliegue de la función de calidad</i>	54
Tabla 8. <i>Medios para realizar funciones</i>	55
Tabla 9. <i>Diagrama morfológico 1</i>	56

Tabla 10. <i>Lista de funciones</i>	57
Tabla 11. <i>Lista de opciones</i>	58
Tabla 12. <i>Diagrama morfológico 2</i>	58
Tabla 13. <i>Resultados de calibración de rodillos</i>	63
Tabla 14. <i>Valores de evaluación de un producto</i>	65
Tabla 15. <i>Criterios de selección</i>	65
Tabla 16. <i>Matriz de selección de un concepto de diseño</i>	66
Tabla 17. <i>Valores de las magnitudes: Fuerza – Distancia – Momento</i>	73
Tabla 18. <i>Precios de los materiales del prototipo</i>	74
Tabla 19. <i>Valor tiempo de máquina-trabajo</i>	75
Tabla 20. <i>Otros gastos</i>	77
Tabla 21. <i>Gastos totales del proyecto</i>	77
Tabla 22. <i>Especificaciones del prototipo</i>	91

Lista de Anexos

Anexo 1. <i>Descripción ergonómica de actividad</i>	110
Anexo 2. <i>Encuesta factores ergonómicos y desarrollo de producto</i>	113
Anexo 3. <i>Primeros bocetos de los modelos</i>	128
Anexo 4. <i>Planos</i>	133
Anexo 5. <i>Memorias de los cálculos</i>	142
Anexo 6. <i>Fichas técnicas de proceso</i>	147

INTRODUCCIÓN

*“El diseño no es asunto meramente formal o técnico, sino básicamente proyecto humano, y por lo mismo problema de marco teórico, de metodología y de ética.
F. Beltrán*

El presente informe de trabajo de grado evidencia en el marco del proceso de diseño y del desarrollo un prototipo de desgranadora de arveja como ejercicio final para optar al título de Licenciado en Diseño Tecnológico, en coherencia con los objetivos del programa en “el desarrollo del conocimiento científico, tecnológico y técnico articulado con el Diseño Tecnológico en su proyección de transformación individual y social propiciando el desarrollo de una cultura tecnológica” (L. en Diseño Tecnológico, s.f.) y desde el punto de vista de la investigación científico tecnológica el enfoque de “los prototipos de soluciones tecnológicas para diferentes ámbitos educativos, culturas y contextos productivos” (ídem).

Por ende, producto del análisis de actividades cotidianas y la identificación de situaciones problema socializadas en el ciclo final de la línea de formación de Diseño Tecnológico. Algunos de los ejercicios preliminares plantearon fundamentos para estructurar un problema y definir un concepto de diseño subyacente en una situación problema, entonces, desde la observación de una actividad estipulada en un contexto específico, situado por efectos prácticos en el entorno del alistamiento artesanal de algunas legumbres comercializadas en un mercado local. Se destaca una de sus principales actividades manuales aquí expuesta, relacionada con el desgranado de arveja, su observación alude un conjunto de problemas que se manifiestan en el transcurso de su ejecución, en cuanto más se visualiza con claridad el planteamiento del problema, proporcionalmente incrementan las posibilidades de concebir una propuesta de diseño que hará

efectiva una solución adecuada a través del desarrollo de un prototipo funcional para desgranar arveja, en adelante prototipo.

Este trabajo se divide en cuatro capítulos dispuestos de la siguiente manera: en el **primer capítulo** se hace una breve presentación del contexto donde se expone el problema y su reconocimiento, prosigue la justificación de la propuesta, la metodología que estructura los pasos o métodos con marco de referencia lógico del proceso de diseño, los objetivos que serán el hilo conductor del documento. En el **segundo capítulo** se realiza un sucinto recorrido por los antecedentes históricos relacionados con la arveja, el cultivo en Colombia y algunos tipos de desgrane existentes, análisis de la actividad y características físicas de la arveja. El **tercer capítulo** contiene el proceso de diseño el cual esboza la clarificación de los objetivos, causas-efectos del problema y la formulación de acciones y alternativas que fijarán el grupo de objetivos de diseño que mejora la definición del problema central en el proceso de diseño. Anticipación de algunas de las funciones esenciales del diseño que se han dilucidado a partir del árbol de problemas y objetivos de pasos anteriores, análisis de funciones, fijación de requerimientos, determinación de características que la propuesta debe satisfacer y por último se elabora una matriz con algunas alternativas de diseño de producto con el fin de ampliar la lista de soluciones potenciales, las funciones del producto, los medios para realizar dichas funciones y para terminar se evalúa las posibles soluciones que definirá la elección de una alternativa de diseño. En el **cuarto capítulo** se expone algunos modelos con características alternativas y la selección de un concepto de diseño con sus respectivas especificaciones, cálculos y costos del desarrollo del prototipo, finalmente se exponen los resultados de las pruebas aplicadas a las principales piezas del prototipo y su conjunto. Alcances y limitaciones. Conclusiones del trabajo y recomendaciones. Referencias. Anexos con los respectivos soportes e imagen del proyecto.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Descripción y formulación del problema

Identificación del problema

La Universidad Pedagógica Nacional ofrece al público desde la facultad de Ciencia y Tecnología y a su vez adscrito al Departamento de Tecnología el programa de Licenciatura en Diseño Tecnológico cuyos propósitos formativos están encaminados al fortalecimiento de los futuros educadores en ámbitos educativos y pedagógicos con la generación de procesos de enseñanza-aprendizaje de la educación en tecnología con el fin de crear una *cultura tecnológica*¹ en todos los rincones del país a donde vaya una propuesta pedagógica o un licenciado en Diseño Tecnológico y desde el punto de vista de la Tecnología y el Diseño, proponer soluciones tecnológicas en determinados contextos a partir de los problemas derivados de las distintas actividades humanas. Cabe señalar que el proceso de formación de los futuros licenciados en Diseño Tecnológico presenta dos ciclos formativos, el ciclo de fundamentación está comprendido desde el primer semestre al cuarto semestre académico, momento en que se fundamenta las bases conceptuales de las ciencias básicas y la pedagogía en aras de garantizar la transición al ciclo de profundización que transcurre entre el quinto semestre y la parte final del programa en el décimo semestre académico, donde el afianzamiento teórico de la ciencia

¹ De acuerdo con G. Aquiles se entiende por cultura tecnológica como “un amplio espectro que abarca *conocimientos (tanto teóricos como prácticos), habilidades y sensibilidad. Por un lado, los conocimientos relacionados con el mundo construido por el hombre y con los *objetos que forman parte del mismo, por otro las habilidades, el saber hacer, la actitud creativa que posibilite no ser actor pasivo en este mundo tecnológico, y finalmente la sensibilidad que lleve a poner los conocimientos y habilidades al servicio de la sociedad. Es decir, las *competencias que permitan una apropiación del medio en el cual se desarrolla la vida humana –como garantía para evitar caer en la alienación y la dependencia– y la capacidad para colaborar activamente en su control y evolución”. (2006, p. 13)

aplicada se manifiesta con la praxis en contextos reales y el carácter propositivo de soluciones a problemas de índole educativo y tecnológico.

La culminación de la formación como licenciados en Diseño Tecnológico se refrenda con la formulación de una propuesta de trabajo de grado en el cual se esboza un problema a partir de la estructuración crítica de las experiencias académicas a lo largo de nuestra formación en los distintos componentes disciplinares, entre ellos se distingue los seis ciclos académicos de la asignatura de Diseño Tecnológico, los cuales están interrelacionados a partir de la concepción de un producto o una materialidad en consideración de los aspectos teóricos o prácticos previamente abordados en los demás espacios académicos que permiten consolidar integralmente las construcciones académicas no sólo en los escenarios educativos expuestos sino también a partir de la relación que hay con el contexto social y productivo de nuestro país.

En coherencia con los planes formativos del programa, el perfil del egresado y las áreas de desempeño en función de la capacidad de resolver problemas que dé como resultado una solución tecnológica.

Este trabajo da cuenta del anterior planteamiento, pues expone un ejercicio de observación y reconocimiento de algunos problemas presentes en el alistamiento artesanal de legumbres, específicamente el desgranado manual de la arveja. A grandes rasgos el desgranado de esta legumbre es una actividad repetitiva que se realiza en jornadas continuas, una o más personas deben realizar un esfuerzo físico considerable porque la alta demanda del producto desgranado así lo exige. En el desarrollo de la actividad se detectaron como causales o consecuencias otros problemas específicos puestos en consideración: largos periodos de trabajo repetitivo resultan extenuantes para las personas porque genera algunas molestias físicas puntuales y cansancio en las extremidades superiores implicadas, una excesiva manipulación del

grano con las manos aumenta la posibilidad de contaminar con gérmenes el grano o afectar su calidad, la demanda del producto y la baja productividad suele desbordar la capacidad de ofertar el producto listo, para satisfacer la demanda: los productores se ven abocados a doblar la fuerza de trabajo junto con las afectaciones a las personas anteriormente mencionadas, ocasionando un aumento importante en el precio de la arveja desgranada, generalmente el kilo sube en un 100% o más en comparación con el precio por kilo sin desgranar. En el escenario antes descrito no se emplea ningún tipo de herramienta o medio técnico para desgranar arveja, la maquinaria agrícola disponible está enfocada en el sector agroindustrial, en ese sentido las especificaciones técnicas excederían las necesidades productivas y la capacidad económica de los mercados locales, en efecto, el funcionamiento de dichos mercados rara vez cuenta con espacios de trabajo y herramientas adecuadas, situación motivada en parte por la falta de recursos para invertir en la tecnificación de sus actividades.

Aunque la información relacionada con la caracterización de este problema o una posible solución, en principio es escasa, su búsqueda está supeditada a algunos libros sobre principios mecánicos, patentes, proyectos de investigación y prototipos académicos encaminados a brindar soluciones de carácter técnico en algunos contextos similares. Constituyendo las fuentes principales que permitirán formular una propuesta ajustada al contexto y ampliar la comprensión de esta actividad que hasta el momento se asocia con una técnica artesanal o manual.

Como se mencionó el problema anteriormente, en síntesis:

Problema general

Afectación de la calidad de vida de las personas y su desempeño al desgranar manualmente la arveja en jornadas continuas de trabajo debido a la incipiente tecnificación de esta actividad en

un contexto específico, dando como resultado la excesiva manipulación del grano y el incremento de la carga laboral para atender la demanda del producto.

Problemas específicos

- El trabajo repetitivo relacionado con esta actividad exige considerables esfuerzos a las personas, ocasionando algunas molestias físicas puesto que no hay una intervención técnica que sustituya la actividad manual de tal forma que no llegase a perjudicar la calidad de vida de las personas y su desempeño en el trabajo.
- La excesiva manipulación del grano son un potencial vehículo transmisor de gérmenes ya que no se toman en cuenta medidas básicas de higiene para manipulación de alimentos, en algunos casos estas resbalan de las manos o caen fuera del recipiente.
- La alta demanda del producto en el mercado local carece de medios técnicos o alternativas que garanticen la disponibilidad del producto, viéndose forzados a doblar la fuerza de trabajo para poder cumplir esta exigencia, induciendo un aumento significativo al precio del producto.
- La información relacionada con las propiedades físicas de la arveja, su resistencia mecánica, métodos de obtención de bajo costo empleando el mínimo esfuerzo del trabajador bajo principios ergonómicos, entre otros, es hasta ahora limitada en tanto que es un problema que recientemente se está caracterizando, al menos desde el ejercicio académico.
- Las máquinas existentes para atender este problema se distribuyen a nivel agroindustrial, su rendimiento excede la capacidad productiva y sus precios representan una cuantiosa inversión impensable para los mercados locales. Pues son prácticamente inexistentes los medios técnicos de bajo costo enfocados en los mercados locales que den respuesta a los problemas que origina el desgranado manual de arveja.

Por lo anterior la pregunta orientadora es:

Pregunta orientadora

¿Cuáles requerimientos de diseño debe contemplar el desarrollo a bajo costo de un prototipo de desgranadora de arveja que sustituya el trabajo manual o técnica artesanal?

JUSTIFICACIÓN

Como parte del trabajo de observación reflexiva de los futuros educadores en Diseño Tecnológico y su quehacer en la educación y la tecnología, el presente trabajo fundamenta sus bases conceptuales a partir del énfasis disciplinar adquirido en las fases de formación académica y la investigación científico-tecnológica proyectada por el Departamento de Tecnología para la *conformación de comunidades académicas autónomas*², esta definición suscribe un conjunto de conocimientos teórico – prácticos conforme el currículo en aras del aprovechamiento de la información que facilitará la toma de decisiones en la solución de problemas propios de la educación en tecnología y en situaciones específicas de la vida real.

En particular, la inmersión de los contenidos estudiados en el programa de formación en contextos cotidianos manifiesta su importancia pedagógica y el valor en la vida social y productiva de la sociedad, su utilidad es tal que la aplicación práctica de la teoría conduce a experiencias significativas en el mundo real de los futuros educadores, forjando el carácter de los profesionales con la capacidad moral e intelectual idónea para enfrentarse a los desafíos que expone la educación actual y su devenir histórico dentro de la sociedad. Una vez finalizado el ciclo de formación en pregrado, el trabajo de grado será el reflejo del proceso académico adelantado por el futuro Licenciado en Diseño Tecnológico y el primer paso hacia la inserción al mundo laboral y la praxis docente en escenarios educativos con individuos que también inician su preparación para enfrentarse en la posteridad a los problemas de orden científico y tecnológico presentes en diversos aspectos de la vida humana.

En tanto se establece contacto con el mundo real, en la labor del Licenciado en Diseño Tecnológico subyace un espíritu tendiente a la identificación de problemas y su formulación

² Universidad Pedagógica Nacional. (s.f.). Licenciatura en Diseño Tecnológico. Disponible en: <http://cienciaytecnologia.pedagogica.edu.co/vercontenido.php?idp=373&idh=379>.

estructurada por medio del diseño, este último entendido en el documento *Educación en Tecnología: Propuesta para la Educación Básica*³ “como una actividad cognitiva y física en la cual el individuo establece relaciones entre informaciones, de orden teórico y práctico, tendientes a resolver una situación problemática surgida de las necesidades humanas” (MEN, 1996, p. 12), esto quiere decir que bajo situaciones específicas y producto de la actividad que realiza el ser humano surgen *problemas de diseño*⁴ a los que se debe identificar plenamente, estructurar y finalmente exponer en términos de una posible solución que de ser satisfactoria, mejorará la calidad de vida de los seres humanos en sociedad. Por lo tanto, la comprensión del proceso de diseño y la solución de problemas del campo de la tecnología incentiva la expresión de las construcciones mentales y físicas por medio del conocimiento básico de las ciencias de los materiales, procesos de manufactura y su integración coherente con el diseño de los *objetos tecnológicos*⁵, fundamentar la toma de decisiones en la resolución de problemas no se reduce exclusivamente a la resolución de problemas funcionales o el cómo funciona (el objeto) sino también, considerar aspectos formales, estéticos, ergonómicos, entre otros que respondan a las demandas o la satisfacción de necesidades de la sociedad producto de un trabajo premeditado (Gay, 2006). En consecuencia, la génesis de este trabajo transcurre en una actividad cotidiana sobre la cual se identificaron algunos problemas asociados con la repetitividad de unas tareas y el esfuerzo físico que produce algunas molestias en determinados puntos anatómicos, especialmente el tren superior del cuerpo involucrado en la actividad y otro aspecto a mencionar es la manipulación de un producto alimenticio bajo escasas medidas higiénicas.

³ Colombia, Ministerio de Educación Nacional. (1996). Educación en tecnología: propuesta para la educación básica. Ministerio de Educación Nacional.

⁴ Cross, N. (2002). Métodos de diseño: Estrategias para el diseño de producto. Limusa. México. P. 20

⁵ Objeto tecnológico: “todo elemento material, manipulable u operable (*factible de efectuar operaciones con el mismo) construido por el hombre (normalmente en forma industrial) con una finalidad utilitaria y como respuesta a una *demanda de la sociedad, y siempre que no configure un espacio fijo”. (Gay, 2006, p. 45)

Teniendo en cuenta el planteamiento de Aquiles Gay (2008) donde afirma:

“Si la Revolución industrial logró que la máquina reemplazara en gran medida no sólo esfuerzos físicos, sino también trabajos manuales del hombre, esta nueva revolución está logrando que la máquina reemplace también determinadas labores mentales del hombre, sobre todo las rutinarias y repetitivas, dejándole potencialmente más tiempo para un trabajo intelectual creativo”. (p. 4)

En este caso una actividad que tradicionalmente se ha realizado de forma artesanal, generalmente en espacios de trabajo precarios y adoptando posturas corporales inadecuadas, aumenta los riesgos de la salud en el trabajo, al margen de algunas *recomendaciones ergonómicas*⁶ en el sector agrícola. Es importante señalar que, en los procesos productivos hasta ahora sin mayores avances sustantivos en el país, el objeto tecnológico, en concreto el prototipo se propone sustituir la mayor parte del trabajo manual para desgranar arveja, teniendo en cuenta que reducirá el número tareas y operaciones de la actividad y proporcionalmente los movimientos corporales, pues la repetición de estos no demandará un esfuerzo físico considerable. Para materializar esta apuesta desde una perspectiva tecnológica es necesaria la correspondencia del problema con los recursos - el objeto tecnológico – y las necesidades, pues la mediación que ejerce la tecnología a través de la creación racional de los objetos o productos tecnológicos puestos al servicio de la sociedad se orientan en satisfacer sus demandas o deseos (Gay, 2016). En consecuencia, los beneficios que suscita esta propuesta son tangibles en el sentido en que una actividad que genéricamente se ha realizado con las manos puede simplificarse a una extensión del cuerpo humano (MEN, 2008), es decir, a través del objeto tecnológico que permita potenciar el trabajo humano.

⁶ OIT, Programa de Actividades sectoriales. (2010). Repertorio de recomendaciones prácticas sobre seguridad y salud en la agricultura. *Reunión de expertos para la adopción de un repertorio de recomendaciones prácticas sobre seguridad y salud en la agricultura (Ginebra 25-29 de octubre de 2010)*.

En el *mercado interno colombiano*⁷ no es tarea sencilla encontrar maquinaria o herramientas para desgranar arveja, las máquinas disponibles forman parte de las actividades de importación⁸ y transferencia de tecnología por parte de otros países y su distribución es muy costosa en parte por los aranceles gravados a los equipos agrícolas en relación al país de origen. La mayoría de maquinaria y equipos importados responden a la producción a gran escala y son pocas las soluciones enfocadas en menores proporciones productivas que en su pequeña dimensión económica se encuentran en mayor desventaja para tecnificar los procesos productivos ya que los recursos disponibles están en función de sostener sus actividades comerciales, limitando la tendencia de desarrollo y crecimiento económico local.

Esta propuesta de diseño y desarrollo de un prototipo de bajo costo para realizar el desgrane de arveja no pretende constituirse en un enfoque monolítico e inmóvil alrededor de esta actividad, sino que, por el contrario invoca una actitud orientada a la búsqueda de una posible solución de forma lógica, por medio del acto cognitivo inmerso en el diseño de un objeto tecnológico, contemplando aspectos técnicos, económicos, su relevancia social y particularmente como antecedente enfocado en un *segmento del mercado*⁹, pues futuros trabajos podrían acudir a los trabajos previos, como el presente, para ampliar el abanico de propuestas con una visión ampliada y holística de lo cotidiano tanto como de lo científico-tecnológico relacionado con el desgranado de arveja, invocando un salto cualitativo que permitirá una mejor comprensión del problema para manejar con solvencia las capacidades del saber hacer y el examen crítico de las

⁷ Véase en: Giraldo, E. N., Serna Almeciga, N., & Giraldo, P. A. (2018). El impacto de las importaciones en el sector agrícola colombiano. ¿Por qué en Colombia se importan alimentos básicos, teniendo las condiciones geográficas para producirlas al interior del país?

⁸ Véase en: García-García, J., Collazos-Gaitán, M. M., López-Valenzuela, D. C., & Montes-Urbe, E. (2017). Los costos de comerciar en Colombia: resultados de la encuesta de comercio exterior del Banco de la República. Borradores de Economía; No. 1015.

⁹ Ulrich, K. T., Eppinger, S.D. (2009). Planeación del producto. En Diseño y desarrollo de productos: *un enfoque multidisciplinario*. (5 ed., pp. 58-59) McGraw-Hill Education (México).

construcciones artefactuales, así como la selección y estructuración de los conocimientos y recursos disponibles para potenciar los alcances de las actividades que realiza el ser humano, si bien cotidianas, no menos fundamental tecnificarlas, permitiendo mejorar la calidad de vida de las personas al exigir el menor esfuerzo posible en la ejecución de cualquier actividad a través de una opción tecnológica y la sintonía al unísono de la cultura tecnológica actual.

Definición de la necesidad

Como no es asequible una solución concreta que tecnifique la actividad de desgranar arveja a escalas menores, emerge la necesidad de hallar una respuesta técnica de bajo costo y versátil expresada por medio de un prototipo ajustable a la producción de un mercado local, que llegue a representar, además de las mejoras en términos de productividad, también en la calidad de vida de las personas y el ejercicio de su trabajo con la mínima manipulación del grano.

De tal manera que la satisfacción de esta necesidad mediada por un objeto tecnológico permitirá a las personas que realizan esta actividad llevarla a cabo de una manera simple y constante, el esfuerzo físico requerido reducirá significativamente las molestias corporales asociadas al trabajo manual, además de ubicar a las economías locales en el camino de la tecnificación.

Metodología de diseño

La orientación de una metodología general del diseño entendida por Nigel Cross como:

"el estudio de los principios, prácticas y procedimientos de diseño en un sentido amplio. Su objetivo central está relacionado con el cómo diseñar, e incluye el estudio de cómo los diseñadores trabajan y piensan; el establecimiento de estructuras apropiadas para el proceso de diseño; el desarrollo y aplicación de nuevos métodos, técnicas y procedimientos de diseño; y la reflexión sobre la naturaleza y extensión del conocimiento del diseño y su aplicación a problemas de diseño". (Lloyd, 2004)

Para desarrollar un prototipo que desgrane arveja se debe establecer en orden lógico la concepción del diseño, partiendo de la identificación de un problema en un contexto determinado, una vez acotado el problema de diseño, prosigue la línea rectora del conjunto de pasos circunscritos en cada fase del proceso de diseño, definidos a partir de las relaciones recíprocas e iterativas de cada uno de los pasos o fases secuenciales, pues su estructura favorece la toma de decisiones en un proceso creativo o de desarrollo de producto como principio fundamental en lo referente a la propuesta de posibles soluciones a un problema determinado.

El presente proyecto fija su identidad en la estructura orgánica del diseño y desarrollo de producto a partir del marco de referencia lógico y la aplicación de algunos métodos destacados por Nigel Cross en su libro *MÉTODOS DE DISEÑO, Estrategias para el Diseño de Productos* (2002), en los cuales se amparan los objetivos contenidos en el proyecto y fundamentan el proceso de diseño del prototipo bajo una secuencia estratégica que consta de siete pasos descritos sucintamente en la siguiente estructura metodológica:

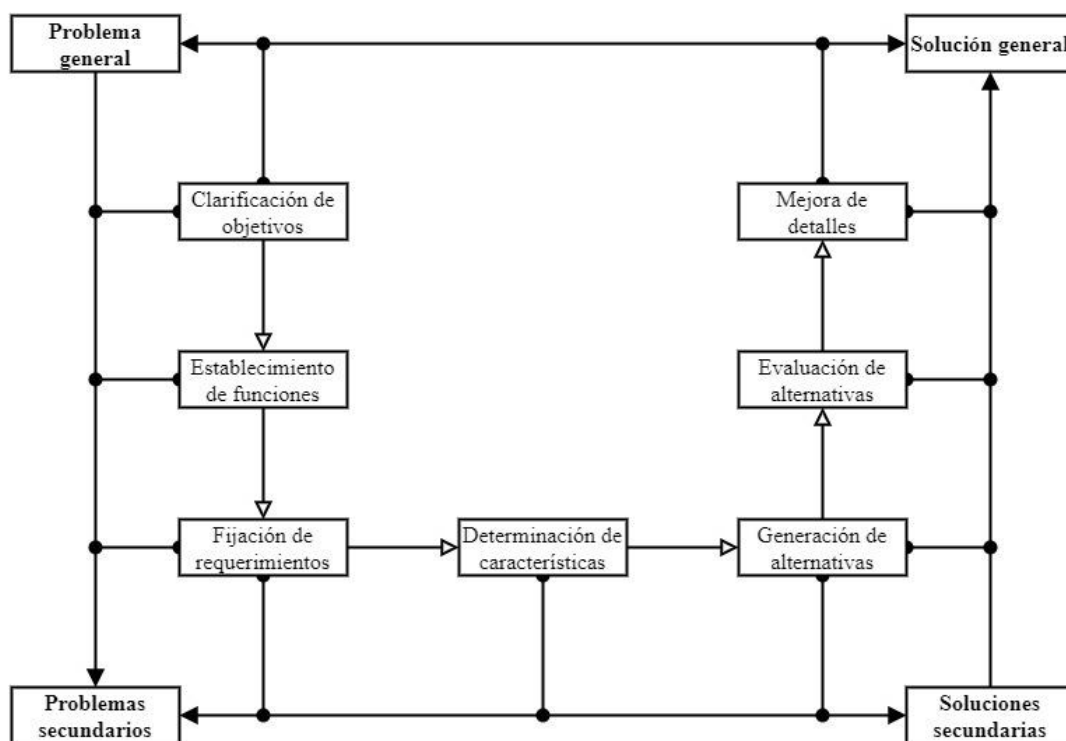
- 1. Clarificación de objetivos:** un problema de diseño está conformado por varios elementos visibles que lo caracterizan y otros tantos implícitos que en principio delimitan su comprensión, en la medida en que se entienda mejor el problema, proporcionalmente la

clarificación de los objetivos trazará las metas o perseguirá algún fin que pretende lograr un diseñador en términos de la resolución de problemas.

2. **Establecimiento de funciones:** al igual que en la clarificación de los objetivos y la interrelación con la comprensión del problema, se debe establecer anticipadamente un conjunto de funciones generales y secundarias bien definidas que debe cumplir el diseño.
3. **Fijación de requerimientos:** los problemas de diseño se conciben dentro de ciertos límites, entre los que resalta el costo correspondiente a su diseño y lo que se puede gastar en él, y por otro lado el tamaño, peso y algunos otros requerimientos de rendimiento como la potencia de un motor, aspectos legales y de seguridad, etc. En principio estos requerimientos forman parte de las especificaciones de rendimiento del diseño, pero, así como los objetivos y el análisis de funciones definen en términos generales lo que debe hacer el diseño, estos no establecen límites concretos, que por el contrario se logran con la especificación de rendimiento.
4. **Determinación de características:** entender la relación entre los atributos deseables de un producto y las características, estas últimas entendidas como las propiedades físicas de un producto, equivale a lograr la correcta interpretación de las especificaciones al sincronizarlas con las propiedades físicas que debe contemplar el desarrollo de producto.
5. **Generación de alternativas:** generar una amalgama de soluciones conceptuales a un problema es parte fundamental del diseño, muchas de estas alternativas tienen como propósito crear o innovar con producciones novedosas, sin embargo, muchas de ellas pueden tratarse de una modificación a alguna solución existente. En consecuencia, una de las actividades en el diseño se trata de generar variantes o alternativas a problemas que han sido previstos en otros productos.

- 6. Evaluación de alternativas:** una vez generada una serie de alternativas, se debe seleccionar la alternativa más adecuada para el diseño. En cualquier etapa del diseño se deben examinar las características alternativas y soluciones secundarias para tomar decisiones en el diseño final, se deben tener en cuenta las especificaciones de rendimiento y atributos para que los resultados de la evaluación se ajusten mejor a las exigencias del cliente o diseñador.
- 7. Mejora de detalles:** en el proceso de diseño una buena parte de las mejoras de un producto no significa la introducción de una invención, sino que, por el contrario, traduce una modificación de un objeto o alguna de sus partes para mejorar su rendimiento, su función, su peso, costo o apariencia. En otras palabras, significa adicionar valor a un producto desde que se concibe en su proceso de diseño, se fabrica y se distribuye, esencialmente tiene que ver con el aumento de valor en el costo del producto y su valor funcional.

Esquema 1. Pasos del proceso de diseño



Elaboración propia a partir de los métodos de diseño (Cross N., 2002)

OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo desgranador de arveja de bajo costo que permita mejorar la calidad de vida de las personas, optimizar el trabajo y reducir la manipulación del grano.

Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos de diseño de un prototipo desgranador de arveja para mejorar su operación y funcionalidad en el diseño mediante referentes teórico-prácticos, metodología de diseño, selección de materiales y configuración de los mecanismos.
- Establecer las especificaciones de rendimiento y características físicas de un prototipo desgranador de arveja con base en el contexto de un mercado local.
- Sistematizar los gastos implicados en el diseño y desarrollo del prototipo a partir de la cuantificación de los costos de diseño, fabricación, insumos electrónicos, materiales, procesos de manufactura, entre otros.
- Realizar instrumentos prácticos anticipados y pruebas experimentales que permitan entender el comportamiento físico de la arveja bajo presión mecánica para determinar el correcto ajuste operativo del prototipo.

CAPÍTULO 2: MARCO DE REFERENCIA

Revisión documental

La arveja

También llamado guisante, su nombre en botánica es *Pisum sativum* L, *Fabaceae.*, forma parte de los cultivos con más antigüedad, se cree que tuvo origen en las regiones montañosas del Suroeste Asiático entre Afganistán e India y Transcaucasia y Etiopía, otra zona secundaria de diversidad comprende la zona del Mediterráneo (Gorvarov, cita en Makasheva, 1983). Algunas evidencias indican que se consumían arvejas silvestres hace unos 10.000 años a.C., descubiertas por un grupo de arqueólogos mientras exploraban la “Cueva Espíritu” en los límites de Burma y Tailandia. En Jarmo, al noreste de Irak una excavación arqueológica encontró arvejas de aproximadamente el 7.000 a.C. Luego, los restos arqueológicos de los pueblos de la Edad de Bronce en Suiza contienen rastros de arvejas de los años 3.000 a.C. (FENALCE, 2010). Las especies cultivadas aparecen después del trigo y la cebada, lo que supone que la domesticación del cultivo se realizó hacia el 7.800 a.C., en el 2001 a.C., su cultivo se extendió en algunas partes de Europa y al oriente de la India (Peñaranda y Molina, 2011), en el 500 a.C., es formalmente introducida como cultivo a Europa traída por los griegos y romanos desde Asia, posteriormente se diseminó su cultivo por el resto de Europa y Asia (Prieto, 2012).

Las primeras clasificaciones se dan hacia el año 1.500 d.C., se distinguen algunas especies entre colores y texturas del grano. Como dato curioso, Gregorio Mendel, en 1860, fue pionero con sus experiencias sobre caracteres hereditarios en las arvejas, concluyó que algunos rasgos eran dominantes y otros recesivos, sus resultados condujeron al nacimiento de la ciencia de la genética (ídem).

Solo hasta el siglo XVI se usaba en grano seco o forraje, desde entonces se hizo popular el consumo del grano fresco (Peñaranda y Molina, 2011). En América, principalmente los españoles introdujeron la arveja durante los primeros años del proceso de colonización, su cultivo se ha realizado por más de 500 años en el continente y su consumo ha sido particularmente en grano fresco (Krall et al., 2006).

Cronología

Tabla 1. *Cronología de algunos eventos en el mundo destacados sobre la arveja*

Año	Suceso
9750 a.C.	Evidencia de consumo de arveja silvestre por humanos, descubierta por arqueólogos que exploraban la "Cueva Espiritu" en la frontera entre Burma y Tailandia.
7000 a.C.	Una excavación arqueológica en Jarmo, al noroeste de Irak, descubrió arvejas fechadas entre los años 7000 y 6000 a.C.
3000 a.C.	Los restos arqueológicos de los pueblos de la Edad de Bronce en Suiza contienen rastros de arvejas de los años 3000 a.C. Se cree que las arvejas encontradas enterradas en una cueva en Hungría son de una época todavía anterior.
500 a.C.	Los griegos y romanos cultivaban arvejas secas entre 500 y 400 a.C., y los vendedores ambulantes de Atenas vendían sopa de arvejas caliente. Los expertos creen que las arvejas o bien vinieron de la zona alrededor de Suiza hacia el sur hasta Grecia, o bien de la India hacia el este.
25 a.C.	Apicius (nacido en 25 a.C.), autor de un libro de cocina del mundo romano, publica nueve recetas para cocinar arvejas secas. Algunas se cocinan con otras verduras y hierbas, mientras otras se combinan con carnes variadas. Esto demuestra la importancia de las arvejas en la dieta romana.
600	Los historiadores no están seguros de la fecha de llegada de las arvejas en China. Sin embargo, hay pruebas que, en el siglo VII, los chinos cultivaban arvejas y se llamaban hu tou, lo que significa "legumbre extranjera". Algunos creen que los chinos fueron los primeros que consideraron las arvejas como verdura fresca en lugar de un producto seco, y que lo consumieron con vaina incluida.
800	Cuando las arvejas llegaron a Francia, alrededor del año 800, Carlomagno las plantó en sus dominios. A lo largo de la Edad Media, las arvejas secas fueron la comida

	cotidiana de los campesinos europeos. Secas, las arvejas se podían almacenar durante los meses de invierno. Eran baratas y abundantes, y constituían una comida saludable que los pobres se podían permitir.
1100	En el siglo XII, entre otros alimentos almacenados en el famoso convento de monjas Barking, cerca de Londres, había "arvejas verdes para la Cuaresma."
1200	En el siglo XIII, las arvejas ya eran un alimento popular en Francia. Los vendedores ambulantes gritaban: "Tengo arvejas verdes en su vaina."
1300	A finales del siglo XIV, los italianos habían cultivado arvejas pequeñas llamadas piselli novelli que se comían frescas en lugar de secas.
1500	Antes del final del siglo XVI, los botánicos de Bélgica, Alemania e Inglaterra describieron muchos tipos de arvejas: altas y enanas, con semillas de color blanco, amarillo y verde; semillas lisas, picadas y arrugadas
1533	Cuando Catalina de Medici se casó con Enrique II de Francia en 1533, trajo muchos de sus alimentos preferidos de Italia, incluyendo los piselli novelli. Estas arvejas pequeñas eran tan distintas de las arvejas secas de los campesinos que, entre la élite, crearon una nueva moda en la cocina francesa. Los franceses fueron conocidos por sus excepcionales arvejas pequeñas llamadas petit pois, palabra todavía en uso. Algunas zonas de Francia fueron tan conocidas por sus arvejas que los nombres de pueblos como Saint-Germain y Clamart se unieron a los nombres de recetas que incorporaban las arvejas pequeñas.
1560	Las arvejas se convirtieron en un plato familiar de Cuaresma en Francia e Inglaterra, aunque la Cuaresma no era el único tiempo en que las arvejas eran la comida cotidiana de la dieta inglesa. Durante el reinado del rey Jaime I (1566 a 1625), se podía oír a los vendedores pregonando sus productos en las calles de Londres: "Arvejas calientes y un pedazo de tocino."
1600	Los primeros exploradores de la "Nueva Francia" usaron arvejas secas para cocinar la tradicional sopa de arvejas francocanadiense. Las arvejas, nutritivas y de transporte fácil, fueron un alimento cotidiano de la dieta de los exploradores, dándoles la fuerza muscular necesaria para la primera exploración y comercio en Canadá.
1696	Las arvejas frescas no fueron corrientes hasta el siglo XVIII. Hacia finales del XVII todavía eran tal exquisitez que la gente en Francia a veces pagaba precios extraordinarios por ellas. "Este tema de las arvejas continúa absorbiendo toda la atención," escribió Madame de Maintenon en 1696."Algunas señoras, incluso después de haber cenado, y bien cenado, en la Mesa Real, volvían a sus casas, y con el riesgo de sufrir

	una indigestión, antes de ir a la cama comían arvejas de nuevo. Es tanto una moda como una locura."
1700	A mediados de los años 1700, hubo cambios importantes en las leyes agrícolas de Inglaterra, y se asignaron grandes extensiones de tierra cultivable a fincas particulares. La Ley de Cercamiento del rey Jorge III negaba el paso a los pobres, que en cambio dependían de pequeñas parcelas de tierra para cultivar lo suficiente para alimentar a sus familias. Como no podían cultivar lo necesario, se interesaron por productos como las arvejas secas que eran baratas.
1800	El huerto, una enciclopedia de verduras cultivadas, publicada en Francia hacia el 1800, dedicaba 50 páginas a las distintas variedades de arvejas cultivadas. Algunas todavía se cultivan, pero muchas ya se han perdido.
1860	Gregor Mendel, un monje austríaco, llevó a cabo experimentos sobre la reproducción de las plantas de arveja, y creó la ciencia de la genética. Formado en la Universidad de Viena, sus experimentos en los años 1860 condujeron a las leyes básicas de herencia genética. Reconoció que algunos de los rasgos de las plantas de arveja eran dominantes, mientras que otros eran recesivos. Mendel murió en el olvido, pero en 1900, su trabajo fue redescubierto y se reconoció su contribución al estudio de la genética.
1870	Cuando las conservas de verdura se pusieron de moda a finales del 1800, tenían un precio muy asequible. Las arvejas fueron probablemente de las primeras verduras que la empresa Campbell Soup Company usó para sus conservas. Aunque el calor del proceso de conserva destruye la clorofila que da a las arvejas su color verde brillante natural, el color verde aceituna apagado y el sabor típico de las conservas no desanimó a los aficionados de la arveja verdadera. Las arvejas en conserva fueron con frecuencia un acompañamiento corriente en los platos de la cena americana o inglesa.
1920	La llegada de las verduras congeladas en los años 1920 y 1930 significó una nueva ventaja para las arvejas. Se podían cosechar y congelar casi inmediatamente, lo que impedía que los azúcares se convirtieran en fécula. La gente que no cultivaba arvejas o que vivía lejos de una granja, también podía disfrutar del dulce sabor de las arvejas recién cosechadas.
Actualidad	Actualmente, existe más de un millar de variedades de arvejas, tanto verdes como amarillas. Canadá, los EE.UU., Europa, China, India, Rusia y Australia van a la cabeza de la producción de arvejas en el mundo.

Elaboración propia, información tomada del sitio web de *Best Cooking Pulses*

Cultivo en Colombia

La arveja es una leguminosa que reviste gran importancia en la producción agrícola de algunos departamentos del país, se cultiva a alturas promedio, comprendidas entre los 2.200 y 3.200 metros sobre el nivel del mar, en fincas de pequeños y medianos agricultores mayoritariamente. Se consigue en estado fresco o verde y también en grano seco o semilla, entre los alimentos destaca su empleabilidad en una variedad de comidas típicas y es muy apreciada por su aporte nutricional como señala FENALCE (2010):

“Las arvejas son ricas en proteínas y carbohidratos, bajas en grasa y constituyen una buena fuente de fibra, vitaminas A, B y C; cuando se consumen frescas o refrigeradas, suministran tiamina y hierro. La fibra de la arveja es soluble en agua, promueven el buen funcionamiento intestinal y ayudan a eliminar las grasas saturadas. Además, la arveja proporciona energía que hace permanecer más tiempo la glucosa en la sangre. En su estado fresco es tal vez el vegetal más rico en tiamina (vitamina B1), esencial para la producción de energía, la función nerviosa y el metabolismo de los carbohidratos”. (p. 1)

El cultivo de arveja en Colombia después del frijol es uno de las leguminosas más importantes. Es un importante generador de empleo al requerir una cantidad significativa de mano de obra, sin embargo, la mayoría son agricultores con parcelas pequeñas que siembran variedad de cultivos donde ejercen controles químicos, pero reciben escasa asistencia tecnológica (ídem).

Este cultivo representa un aporte significativo en la estabilidad de la economía de muchas familias de la región andina y lógicamente contribuye en la seguridad alimentaria, se estima que hay cerca de 26.000 productores que generan 2,3 millones de jornales, es decir unos 15.000 empleos directos (Camargo y Ávila, 2014).

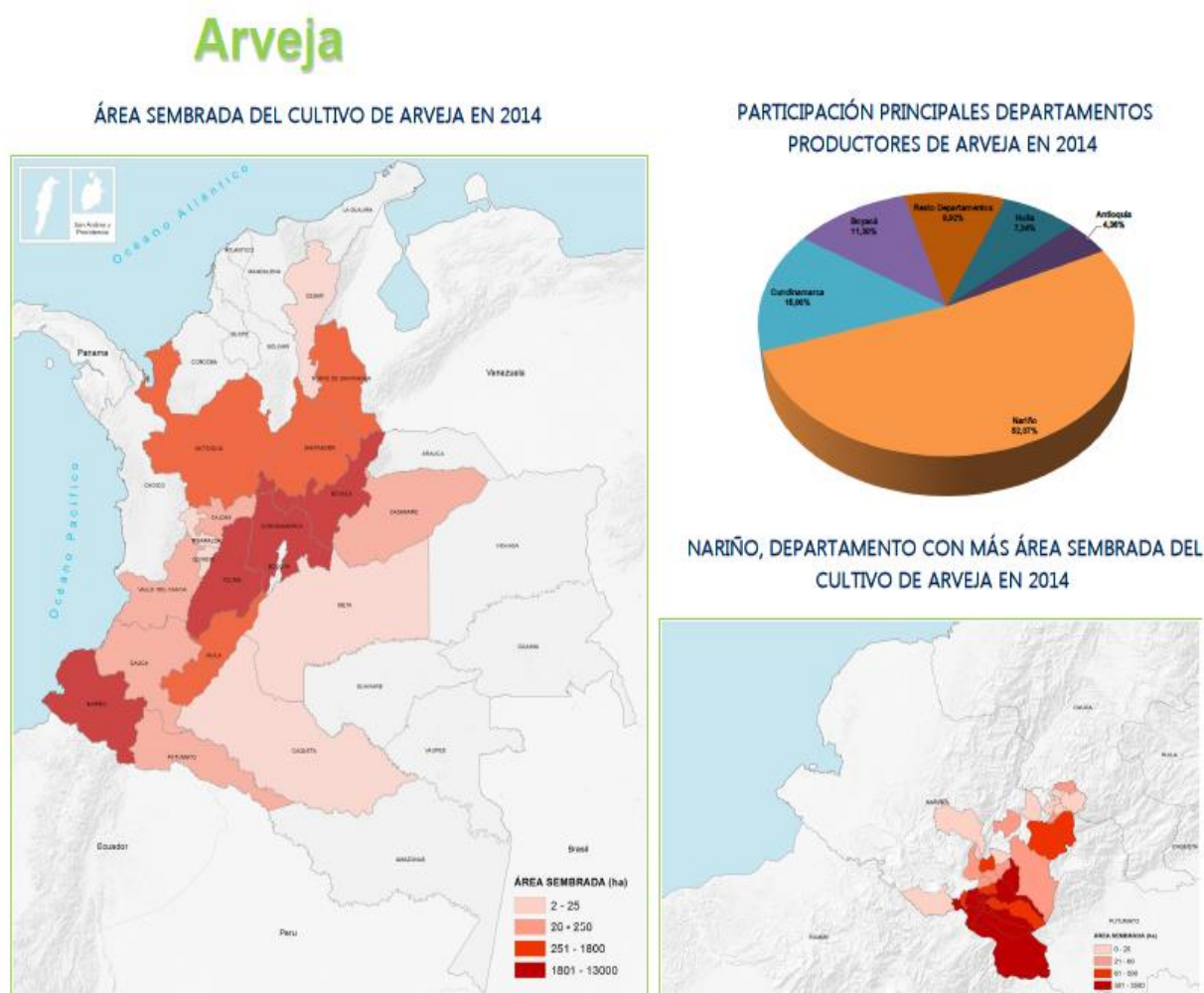
La arveja se cultiva principalmente en 14 departamentos, entre los que sobresalen Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Tolima y Huila, cubriendo cerca de un 90% del área de

producción nacional reportada en 2009. Existen dos sistemas de producción muy comunes: la siembra con tutor o colgada y la siembra rastrera, la primera es muy costosa, genera altos rendimientos, mayor calidad y se cosecha verde, la segunda se realiza principalmente en Nariño donde se obtiene arveja seca para semilla. Las importaciones de arveja verde son mínimas y provienen principalmente de Canadá, Chile y Estados Unidos, el otro consumo de arveja seca está cubierto mayoritariamente por el mercado canadiense alcanzando cifras cercanas a las 40.000 toneladas anuales (FENALCE, 2010).

. Según estimaciones, al desgranar arveja verde su rendimiento es de 50% vaina - 50% grano verde, convirtiéndose en un considerable generador de desechos orgánicos. El consumo por habitante está cercano al kilo anual de arveja desgranada (ídem).

En la actualidad es posible contar con la oferta de arveja fresca todo el año, su precio varía según las condiciones climáticas y la salud del cultivo influyen directamente en su producción y calidad. El sistema de comercialización presenta varios problemas porque es una legumbre muy perecedera y el manejo que hacen los agricultores e intermediarios no extiende su vida útil (ibídem, 34), las investigaciones relacionadas con la arveja y su cultivo han sido muy pocas en nuestro país, escasamente se han hecho estudios en la obtención de nuevos materiales, uso de tutores y manejo de cultivo

Imagen 1. Áreas sembradas con arveja y la participación departamental



Tomado de Evaluaciones Agropecuarias Municipales – Colombia, MIN Agricultura

Valor nutricional

Diversos estudios mencionan la arveja como uno de los alimentos con mayor cantidad de carbohidratos y proteínas por unidad de peso, entre otros nutrientes, vitaminas y fibra importantes para la buena salud. Se recomienda su consumo 3 veces por semana, pero al cocinarse demasiado pierden parte de sus propiedades, se dice que por cada 100 gramos aporta cerca de 43 calorías (De Bernardi, 2017).

Tabla 2. Valor nutritivo de las arvejas desgranadas

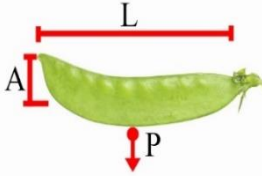
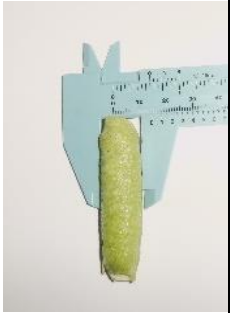
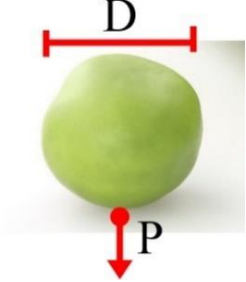
<i>VALOR NUTRITIVO DE 100 GRS DE ARVEJAS DESENVAINADAS</i>		
Energía	81	Kcal
Grasas totales	0,4	grs
Proteínas	5,4	grs
Carbohidratos	14,5	grs
Fibra	5,1	grs
Vitamina C	40	mg
Folato	65	mcg
Niacina	2,1	mg
Magnesio	33	mg
Potasio	244	mg
Hierro	1,5	mg
Calcio	56	mg
Zinc	1,2	mg

Tomada de Subsecretaría de Mercados agropecuarios, Argentina

Características de la arveja

La arveja que venden tradicionalmente en mercados locales es de las variedades sabanera y pastusa, sin embargo, las muestras tomadas son sabaneras, por lo general las más comunes y de textura blanda. En promedio la longitud de la vaina es de 60 a 70 mm, entre 12 y 15 mm de ancho, su profundidad depende del grano, los pesos están comprendidos entre 6 y 9 gramos, la vaina tiene un pliegue entre 1 y 1,5 mm de grosor, en promedio puede contener entre 3 y 5 granos. Cada grano de arveja tiene una geometría más o menos esférica de diámetro comprendido entre 10 y 13 mm y un peso de 0,6 y 0,8 gramos cada uno.

Tabla 3. *Magnitudes de la vaina y la arveja*

VAINA	LARGO (L) 60 - 70 mm	ANCHO (A) 12 - 15 mm	PESO (P) 6 - 9 gr	PLIEGUE 1 - 1,5 mm
				
GRANO	DIÁMETRO (D) 10 - 13 mm		PESO (P) 0,6 - 0,8 gr	
				

Elaboración propia a partir de registro fotográfico personal y datos registrados

Tipos de desgranado

La búsqueda de algunos tipos de desgranado de arveja junto con una sucinta descripción facilita encontrar cuál podría ser el más pertinente de acuerdo a las condiciones del proyecto, particularmente que se caracterice por su bajo costo. Se pueden distinguir en su mayoría entre dos tipos de desgranado: manual y mecánico.

Técnica de desgranado manual

Consiste en separar los granos de la vaina usando las manos y la motricidad fina, una persona con habilidad desgrana en promedio 1 libra cada 8 minutos, ideal para desgranar pequeñas cantidades, pero indiscutiblemente se realiza un esfuerzo físico, no es eficiente y es más costoso al doblar la fuerza de trabajo para suplir la demanda del producto en determinadas cantidades.

Imagen 2. *Desgranado manual de arveja*



Registro fotográfico personal

Desgrane mecánico

Existen distintas máquinas capaces de extraer el grano de la vaina, generalmente impulsadas con la potencia de un motor, aunque en principio es costoso comparado con otros métodos, es mucho más eficiente. Generalmente tienen un sistema que separa el desperdicio del grano y suele emplearse en algunas legumbres como: frijol, habas, maíz, etc. Normalmente se componen por:

- Tolvas que permiten depositar la vaina y mecanizar.
- Sistemas de transmisión tales como engranajes y poleas.
- Accionados manualmente o principalmente por motor eléctrico.
- Conductos de salida único o múltiples para separar el producto del desperdicio.

Tipos de mecanismos

A través de mecanismos se facilita el desgrane y los tiempos de producción, algunos sugeridos como estado del arte por Escobar Y. & Escobar G. (2007) que constan de sistemas de inyección hidrostática, ventilación, sistema trillador y por rodillos.

Desgrane por inyección hidrostática

Este método consiste en inyectar un chorro a presión de aire o agua que realice un corte en un extremo de la vaina y finalmente la inyección termina por expulsar los granos, sin embargo, dada su complejidad constructiva hace que sea un mecanismo de alto costo.

Imagen 3. Sistema de inyección hidrostática

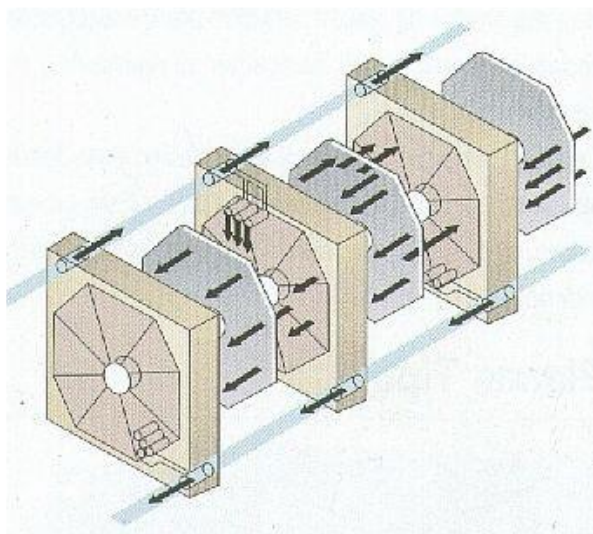


Tomado de 8º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica en Cusco, Perú

Desgrane por ventilación

Este método consiste en enviar grandes corrientes de aire a través de una cámara en la cual se aglutinan las vainas a las que se le ha hecho previamente un corte en su sección, luego el aire provoca que todas las piezas cortadas se muevan al interior de la cámara y el efecto del aire hace que se desprendan los granos en un punto específico de la cámara.

Imagen 4. Desgranado por ventilación



Tomado de 8º Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica en Cusco, Perú

Desgrane por trillado

Este método consiste en desprender la vaina de los granos por medio de la acción de un eje con varios elementos trilladores dispuestos transversalmente y distribuidos homogéneamente, gracias a la presión que los trilladores ejercen sobre las vainas acumuladas en un tambor, facilita la separación del grano producto de la acción mecánica y la acumulación de las vainas.

Imagen 5. *Desgranadora de sistema por trillado*



Tomado de Maquinaria e implementos agrícolas y servicios complementarios. México

Desgrane por rodillos

Mediante una guía se empuja las vainas en medio de dos rodillos paralelos, la acción mecánica entre los dos rodillos arrastra las vainas, la presión que sufre la vaina permite que se expulse a un lado los granos y por el otro pase los desperdicios de las vainas. Una distancia calibrada entre los rodillos rotando en sentidos contrarios logra separar fácilmente la vaina de los granos, normalmente requiere un torque alto a bajas revoluciones. Cabe aclarar que esta máquina manual se utiliza para hacer tortillas con masa, pero su principio es similar a algunas desgranadoras de arveja reconocidas comercialmente, su costo oscila los \$ 300.000 COP.

Imagen 6. *Tortilladora de masa de maíz*



Tomado de www.maquinasgonzalez.com-tortilladora de maíz

Máquinas comerciales para desgranar arveja

Tabla 4. Matriz de desgranadoras de arveja comerciales

MATRIZ DESGRANADORAS DE ARVEJA					
Componentes	Rodillos grafilados de desgrane, tapa cilindros desgrane, manivela, mango de la biela, depósito y ventosa	Cuchilla en la bandeja de admisión, 2 ejes de mismo diámetro, 2 piñones y motor de 20 W	Bandeja superior de acero galvanizado, rodillos patentados para envolver el eje de acero, motor con correas y poleas	Bandeja superior en acero galvanizado con sistema vibratoria, 6 rodillos patentados con materiales no tóxicos y moldeados para reforzar ejes de acero, 2 motores	Cilindro con eje trillador y rejillas, sistema de cribadora, 2 motores para cilindro y criba
Dimensiones	16x16x15 cm	15x20x11 cm	16.5x27.5x14 cm	105x85x95 cm	X
Peso	350 gr	1.1 kg	13.5 kg	80 kg	X
Capacidad	250 gr	24 piezas x min	50 kg/h	150-200 kg/h	220-270 kg/h
Alimentación	Manual	110 voltios	120 voltios	220 voltios trifásico	
Motor	No posee, emplea manivela y piñones	20 W	1/3 HP o 250 W~	2 motores 1550+188 W	X
Modelo	T643620	Robito	675	LY 150	LY 250
Garantía	3 años	2 años	1 año	1 año	1 año
Precio aproximado	\$142.800	\$188.200	\$3.500.000	\$11.000.000	\$21.000.000

Elaboración propia con base en imágenes e información tomada de sitios web: tescoma.es, pelamatic.es y expoiimport.com

Antecedentes

El desarrollo de este trabajo incluye la consulta de información teórica y la exploración de trabajos previos alusivos a prototipos o máquinas que tienen como función desgranar arveja, se hallaron patentes registradas en otro país, específicamente en Estados Unidos y algunos proyectos académicos del ámbito nacional y regional que tienen por objeto de estudio la fabricación de máquinas desgranadoras de arveja o frijol para contextos productivos específicos.

Los antecedentes aquí mencionados funcionan como importantes contribuciones para la construcción de una propuesta sólida, en seguida se hará una sucinta descripción de los principales:

Teóricos

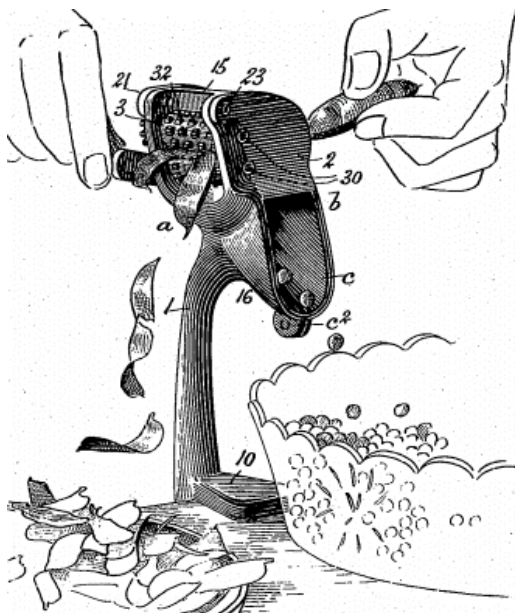
- **Análisis de la toma de decisiones en el diseño de ingeniería:** este trabajo de investigación fue realizado en el 2014 por Mg. Ing. Rubén Pérez en la Universidad Nacional del Callao, Perú. Su autor expone distintos enfoques sobre el análisis de la toma de decisiones en el Diseño de Ingeniería. En primer lugar, plantea la concepción del diseño a partir de su aplicación en el campo de la ingeniería y los métodos del proceso de diseño en términos generales y a nivel de detalle, en segundo lugar, presenta conceptos, metodologías, métodos, modelos, historia, herramientas, todas asociadas al campo del diseño, además de grupos de investigación e ingeniería, entre otros. Por último, realiza un análisis de toma de decisiones en el Diseño de Ingeniería.
- **Metodología para el diseño de máquinas adaptadas a comunidades en desarrollo:** plan de investigación elaborado en el año 2015 por Elena Blanco Romero para el programa de Doctorado en Sostenibilidad de la Universitat Politècnica de Catalunya en Barcelona, España. La autora indica que las metodologías de diseño de máquinas por fases surgen y evolucionan de acuerdo al contexto de las sociedades desarrolladas, sin embargo, dice “algunas metodologías, o determinadas fases de ellas, no son del todo apropiadas cuando se trata de diseñar máquinas apropiadas a comunidades en desarrollo”. Finalmente plantea la necesidad de metodologías que atiendan las fases iniciales de diseño de máquinas con base en las realidades de la comunidad y sus necesidades, pues les permite a los ingenieros

contemplar de forma sistemática y minuciosa las características de diseño de una máquina teniendo como premisa su vínculo con el contexto de la comunidad.

Regionales

- **Patente US937270A:** fue patentada el 19 de octubre de 1909 y diseñada por Andreas Aikele Jr de Logan, Utah - Estados Unidos, es una elaboración de bajo costo adaptada para desenvainar arveja de forma rápida y sin dañar el grano, su disposición le permite fijarse en una mesa o superficie plana, la operación se efectúa mediante rodillos adyacentes fijados a la carcasa y conectados por dos engranajes los cuales son accionados por una manivela. Las piezas que componen la máquina están diseñadas para fabricarse económicamente a partir de metal de fundición, adicionando buena resistencia a su estructura.

Imagen 7. Patente US937270A

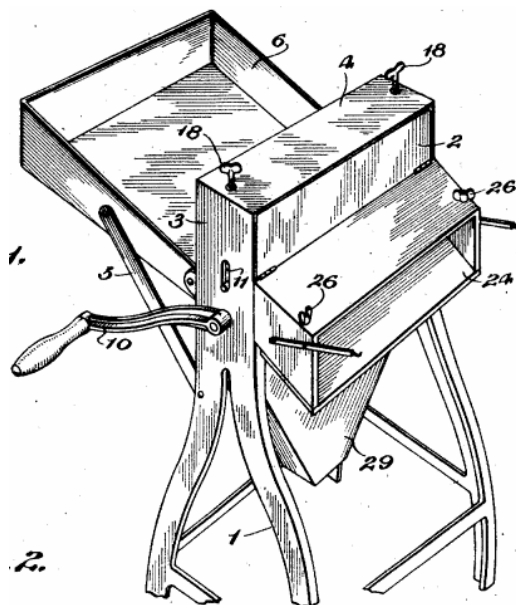


Tomado de patentes Google US

- **Patente US1704427A:** patentada el 05 de marzo de 1929 y diseñada por John W. Coggins es una desenvainadora de arveja compuesta por una tolva, un par de rodillos superpuestos, cooperantes, adyacentes en el extremo inferior de la tolva, rodamientos para los ejes de los

rodillos. Su construcción se ajustó para resistir el desgaste y la adaptación a diversas condiciones de trabajo, tiene como propósito ser duradera y de carácter eficiente puesto que no requiere volver a repasar procesos de desenvainado o separación de residuos del grano.

Imagen 8. Patente US1704427A

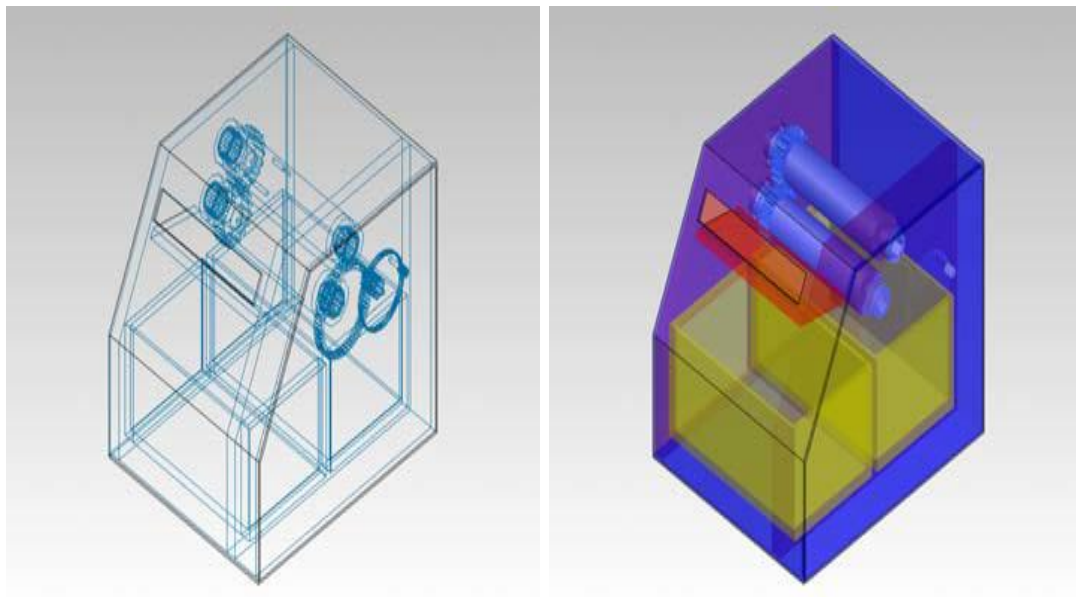


Tomado de patentes Google US

- Máquina desgranadora de arveja y frijol:** es un trabajo académico de diseño realizado por los estudiantes Yimmy Escobar Mesa y Gabriel Escobar Henao de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín presentado el 25 de octubre de 2007 en el 8° Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica en Cusco, Perú. Es el resultado de haber identificado la necesidad en hogares, mercados de la ciudad y la industria alimentaria para facilitar el desgranado de algunas leguminosas, está compuesta por un par de rodillos y un tren de engranajes que ofrece alto torque y baja velocidad de salida, este sistema mecánico se adapta a unos ejes de los rodillos por donde pasan las vainas y producto de la presión que ejercen a la vaina extraen el grano. El propósito del mencionado diseño es disminuir los costos de la mano de obra en la industria y reducir precios en el mercado para mejorar la competitividad respecto a las leguminosas sin desgranar. Los resultados planteados por los

autores indican que lograron recolectar una cantidad importante de grano en poco tiempo y sin perder la calidad del producto.

Imagen 9. CAD de máquina desgranadora de arveja y frijol



Tomadas del artículo presentado en el 8° Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, Cusco, Perú

- **Máquina semiautomática desgranadora y dosificadora de arveja para el sector:**

artesanal: este trabajo académico elaborado recientemente (2020) en Ibarra, Ecuador por Jhonny I. Alajo Nuñez estudiante de la Universidad Técnica del Norte del programa de Ingeniería Mecatrónica, es una máquina semiautomática y dosificadora de arveja verde fresca para el sector artesanal. El autor propone la introducción de un objeto tecnológico respecto a la técnica manual utilizada tradicionalmente en las pequeñas empresas. Su diseño se realizó a partir de la generación de alternativas y su evaluación por medio del *método ordinal de criterios ponderados*, cuyos resultados arrojaron la opción acorde a las características de la máquina. El funcionamiento de la máquina tiene la capacidad de operar manual o automáticamente según el criterio del operario y la demanda del producto, tiene 4 fases de operación: sistema de control, arranque del sistema, desgranado, sistema de dosificación y

pesaje. El sistema de desgrane es ajustable para evitar dañar el grano y requiere un mantenimiento periódico para alargar su vida útil y no pierda eficiencia.

Imagen 10. *Máquina semiautomática desgranadora y dosificadora de arveja para el sector artesanal*



Tomado del registro fotográfico contenido en el documento del autor

Análisis de Actividad

Un punto neurálgico hasta este momento es el análisis de las circunstancias en que una persona realiza esta actividad, la observación abre las puertas a detectar posibles problemas de salud ocupacional que pudiera afectar la integridad de quienes realicen la actividad mencionada y por consiguiente afecte el rendimiento respecto a la extracción manual del grano, además podría sugerir algunas especificaciones de diseño para la intervención técnica que se adelantará, por ejemplo desde el rendimiento o diseño estructural de un prototipo. Por lo tanto, entender la naturaleza de esta actividad permitirá acotar el problema a partir de la ergonomía y la eficiencia del diseño propuesto más adelante.

Por último, produciendo dicho análisis se crean las condiciones para plantear una intervención de carácter técnico a la forma en que se desgrana arveja, por lo general es manual en los mercados locales. El interés se centra en algunos datos suministrados por dicho contexto y principalmente los actores implicados en el desgranado de arveja, la génesis del proyecto caracteriza el problema observado en la ejecución de la actividad y propone una posible solución

inspirada en el contexto. En el *Anexo 1. Descripción ergonómica de actividad*, se elabora una descripción ergonómica de la actividad, se estima que deben hacerse 3 tareas, 9 operaciones y más de 15 movimientos articulares con las extremidades superiores directamente involucradas en la ejecución de la actividad, compromete principalmente hombro-brazo, codo-antebrazo, muñeca-mano (falanges) y por otro lado se adoptan posturas corporales inadecuadas, pues se usan bancos, guacales, recipientes o cualquier objeto y lugar improvisado del mercado para adelantar la actividad.

En contexto

El primer sitio que cabe preguntarse por esta actividad y el consumo de arveja es en los hogares, puesto que esta legumbre se utiliza en muchas comidas típicas, sus propiedades alimenticias y el relativo bajo precio permiten que cobren gran relevancia entre los alimentos que forman parte de la canasta familiar. Comercialmente se puede encontrar en distintas presentaciones como por ejemplo enlatados, en paquetes por libra de semilla seca y la de consumo habitual: verde fresca o con vaina.

Imagen 11. Presentaciones de la arveja



Fuentes de izq. a der: arveja verde (<https://www.mundorural.com.ar/>), arveja en lata (<https://www.tiendasjumbo.co/>) y arveja seca (<http://eccodeal.com/>)

Si bien es cierto que desgranar arveja es una actividad reconocida por la mayoría de hogares colombianos, por diversos factores como por ejemplo la falta de tiempo, economía,

costumbres etc., la inconstancia de esta actividad en los hogares dificulta realizar un seguimiento detallado, por lo tanto, resulta más beneficioso en términos de la información realizar la indagación en un lugar más específico donde se realice con mayor constancia la actividad, aunque algunas inquietudes pudieron plantearse antes de asistir a un lugar determinado. En las plazas de mercado o los denominados popularmente *líchigos*¹⁰, son una fuente directa de información sobre dicha actividad, no solo por la actividad en sí, sino porque allí es donde se comercializa el grano verde fresco, el cual es procesado por algunas personas dedicadas a desgranar arveja. Facilitando analizar algunas variables en lo que respecta a la técnica empleada en dicha actividad y los problemas deducidos a partir de la observación del trabajo realizado.

También y no menos importante, se obtiene de primera mano las implicaciones en el manejo de este producto por parte de los comerciantes y la venta al público, permitiendo recoger información sobre la actividad económica que hay entorno a la arveja. Puesto que el manejo del producto en un mercado local en comparación con el de un hogar promedio lo supera con creces.

Imagen 12. *Mercado local de barrio*



Registro fotográfico personal

¹⁰ Para profundizar en la definición del concepto véase en: Baquero, M. (2009). La tienda de líchigo, una metáfora del consumo. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

CAPÍTULO 3: PROCESO DE DISEÑO

Clarificación de objetivos

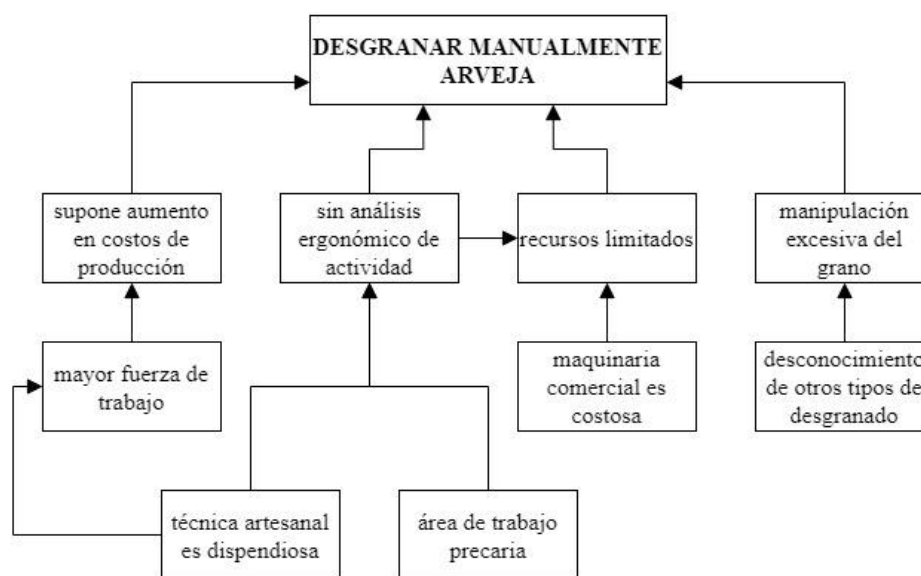
El planteamiento del problema es un campo inusitado de indagación y análisis cuya exploración permite una mejor comprensión de las causas implicadas en la situación planteada, analógicamente son las raíces del árbol y los efectos son la consecuencia de la situación planteada, es decir, fungen como las ramas del árbol. La visualización del problema y sus interrelaciones en un *diagrama de árbol*¹¹ con el fin de analizar los problemas que surgen en la actividad de desgranar arveja en una producción a pequeña escala y la relación causal con el planteamiento inicial del problema en términos de causas-efectos, los cuales permitieran esbozar los objetivos de diseño de forma clara para satisfacer las necesidades o metas de diseño propuestos en el prototipo.

Identificación de causas

En el análisis del contexto del problema se elabora un grupo de condiciones que se perciben como dificultades para resolver el problema, específicamente las causantes o el origen de los problemas al desgranar arveja.

¹¹ Véase en: el texto publicado en la década del 70 por el ergónomo y a su vez director del Instituto para el mejoramiento de las Condiciones de Trabajo - INPAT en París, Robert Villate en su libro denominado *El Método del Árbol de Causas*.

Esquema 2. Identificación de causas (problema)

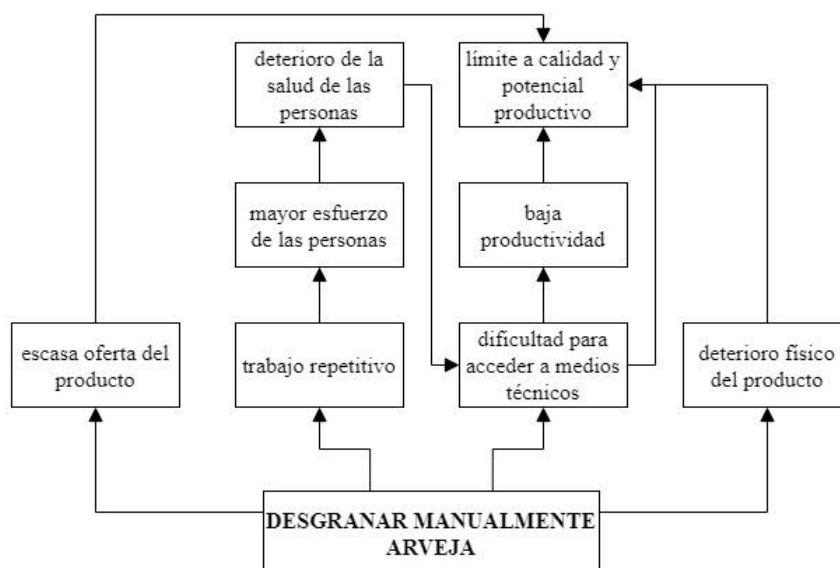


Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Examen de efectos

Si en las causas están presentes los factores que generan la situación problema, en los efectos aparecen las consecuencias, puesto que el problema central no ha sido resuelto.

Esquema 3. Examen de efectos (problema)

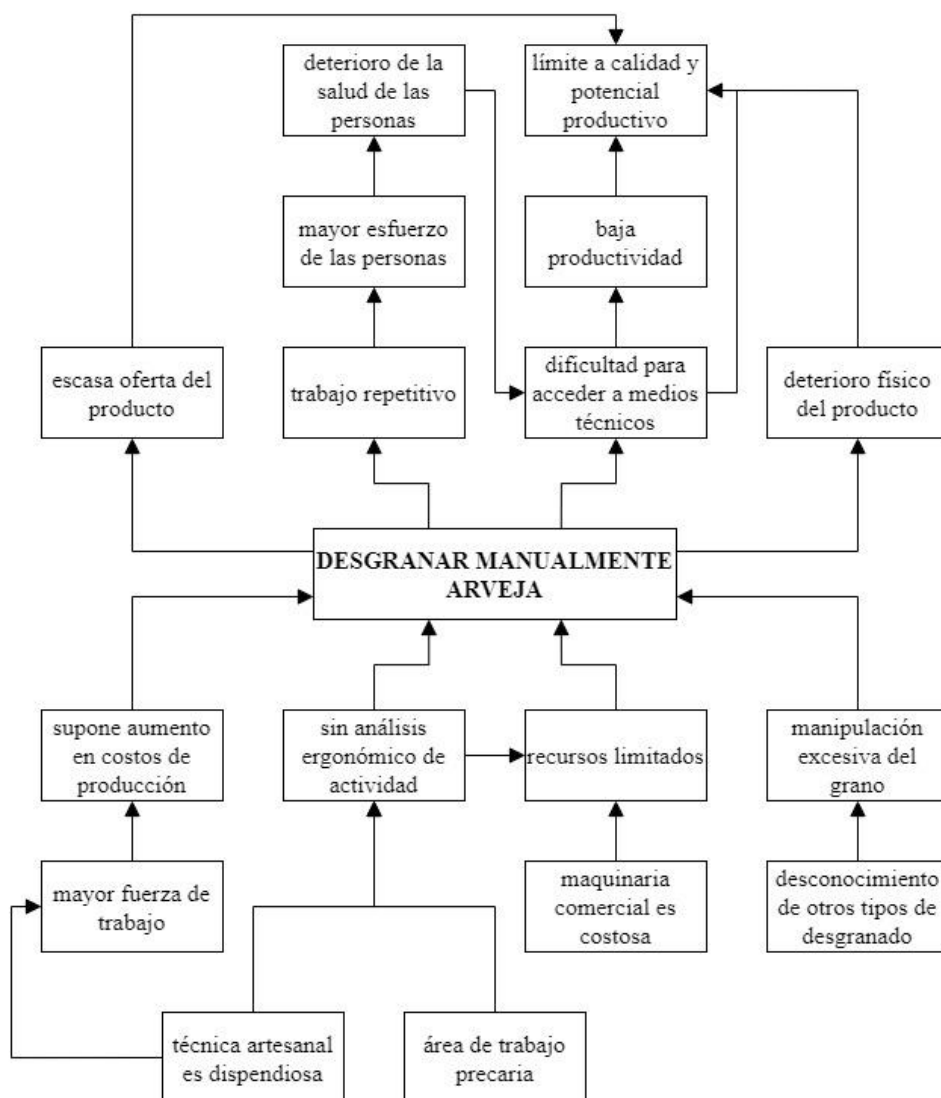


Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Árbol de causas y efectos

Una vez identificado el problema principal, las raíces del árbol (causas) y sus ramas (efectos) se construye el árbol de problemas, este ejercicio permite realizar una radiografía más amplia del problema, tanto de los factores que provocan el problema como de sus consecuencias. Su esquema manifiesta una interrelación ascendente entre las causas y efectos.

Esquema 4. Árbol de causas y efectos (problema)

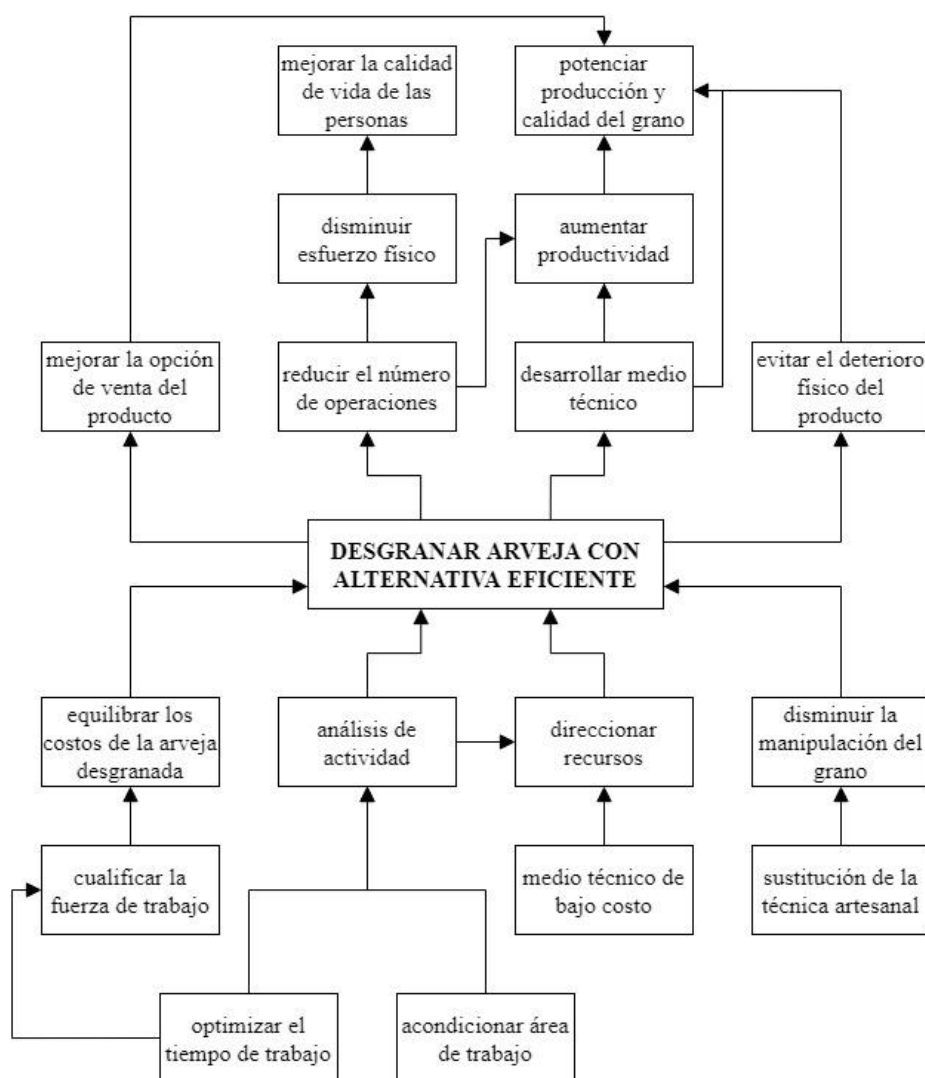


Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Árbol de objetivos

Describe una situación deseable en el futuro respecto a la amalgama de problemas identificados en el árbol de problemas (causas y efectos), conviene mencionar que el problema principal relacionado con el desgranado manual de arveja se convierte en una situación positiva o solución, pues en lugar de los elementos causa-efecto presenta los medios-fines en un patrón jerarquizado (abajo-arriba) para clarificar los objetivos del diseño (Cross, 2002).

Esquema 5. Árbol de objetivos (problema)

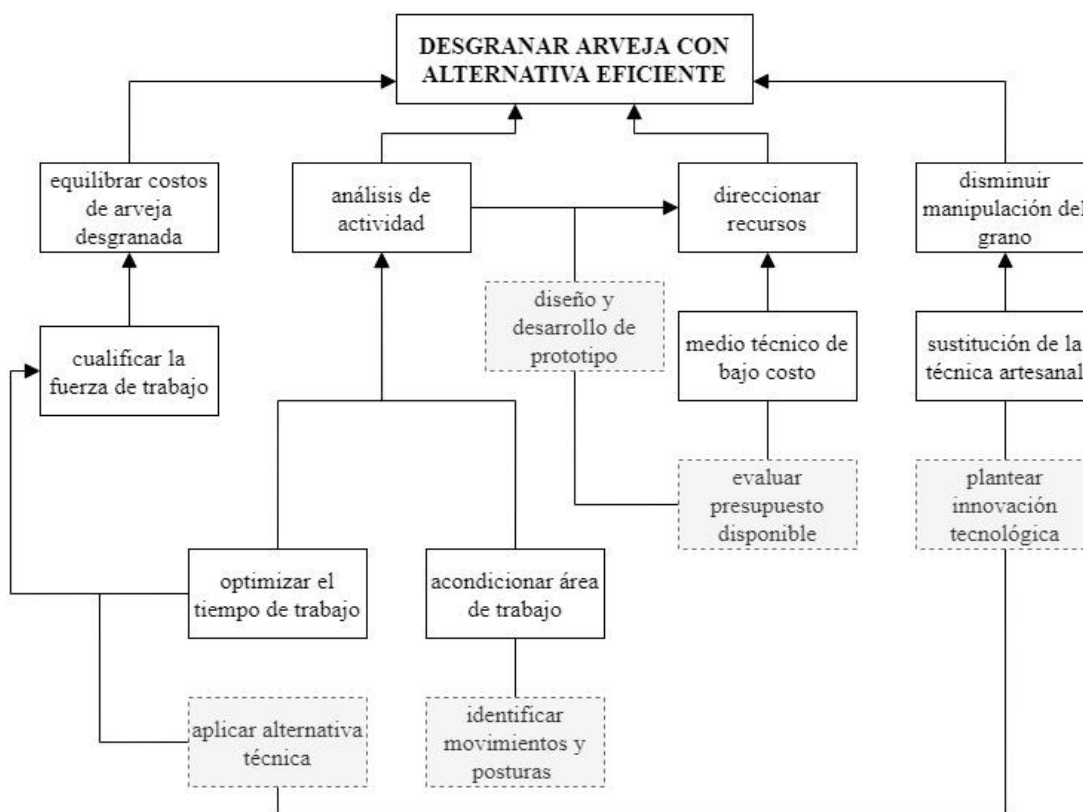


Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Formulación de acciones

Una vez elaborado el árbol de problemas y de objetivos, es menester definir un grupo de acciones estrechamente vinculadas con los medios (abajo) del árbol de objetivos, pues de su ejecución depende gran parte de la transformación del problema principal en una situación futura deseable.

Esquema 6. *Formulación de acciones*

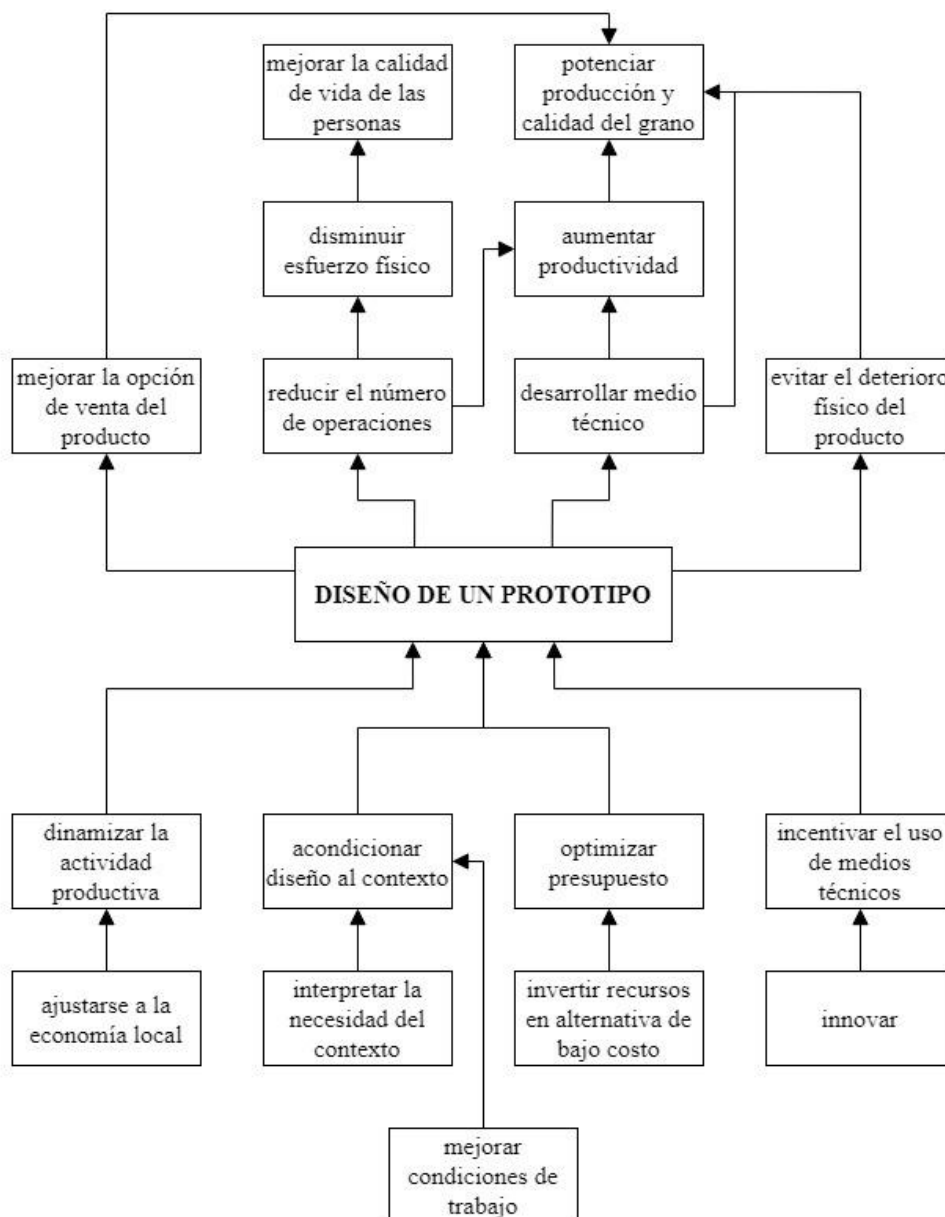


Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Definición de alternativas

A partir del árbol (formulación de acciones) de objetivos se generan algunas alternativas en calidad de acciones complementarias que permitan construir una solución viable y realista al problema principal.

Esquema 7. Definición de alternativas

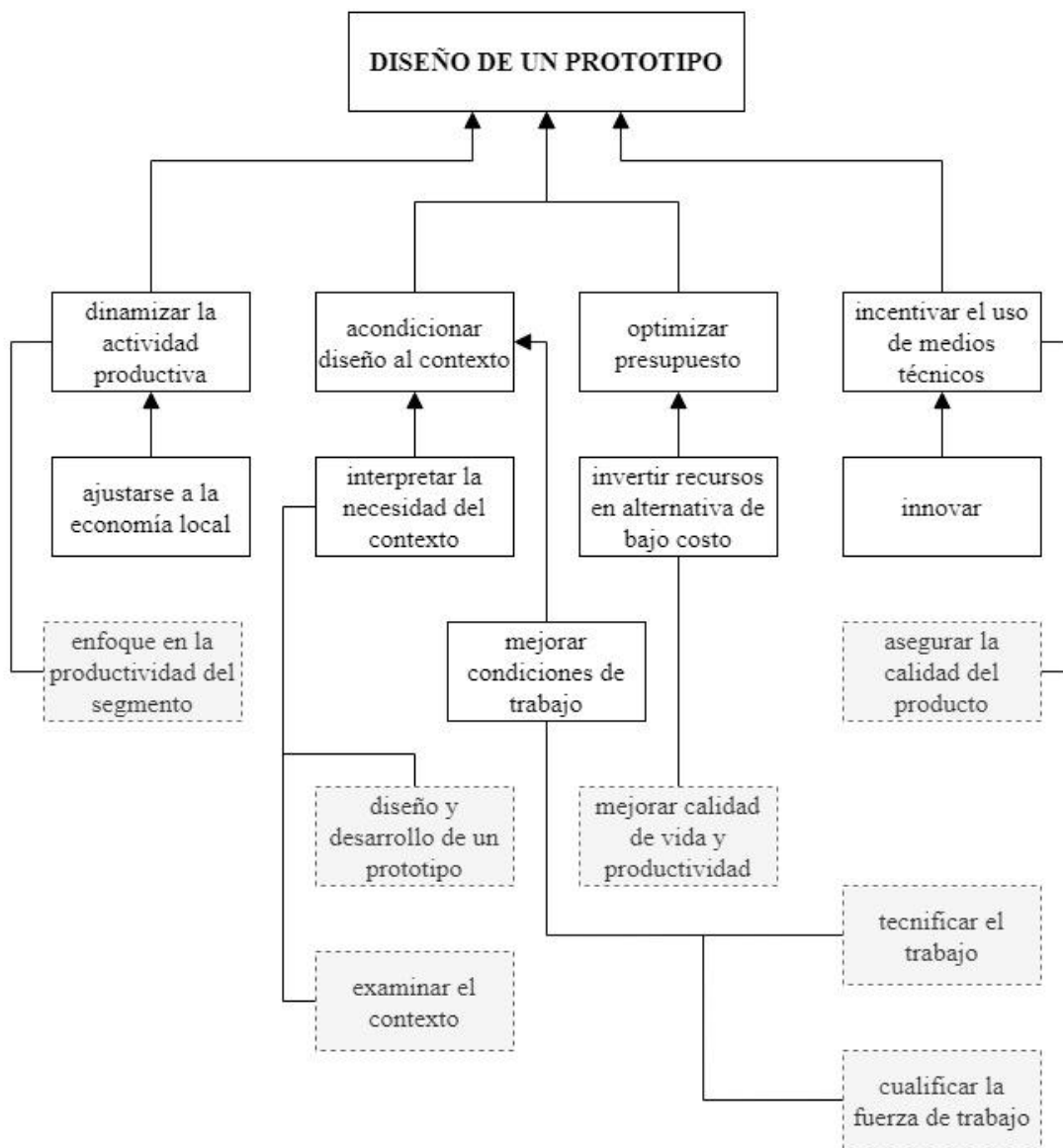


Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Árbol de medios (acciones)

Con base en las acciones complementarias o definición de alternativas se elabora un árbol de medios en conjunto con otras acciones sucesivas para generar las condiciones necesarias que resolverán el problema general.

Esquema 8. Árbol de medios (acciones)



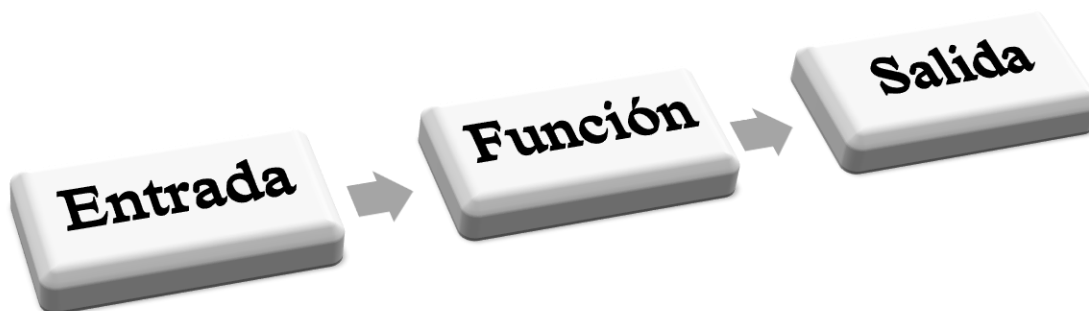
Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Establecimiento de funciones

El análisis de las funciones profundiza el nivel en que se aborda el problema y así mismo considera las funciones principales, es decir, aquellas relacionadas con las especificaciones del prototipo a diseñar, independientemente de los componentes físicos que finalmente se empleen.

El punto inicial de partida se basa en lo que logrará el prototipo mas no el cómo, la forma básica consiste en convertir el prototipo en una caja negra con entradas y salidas. Sin embargo, en la caja negra están contenidas todas las funciones necesarias para transformar las entradas en salidas.

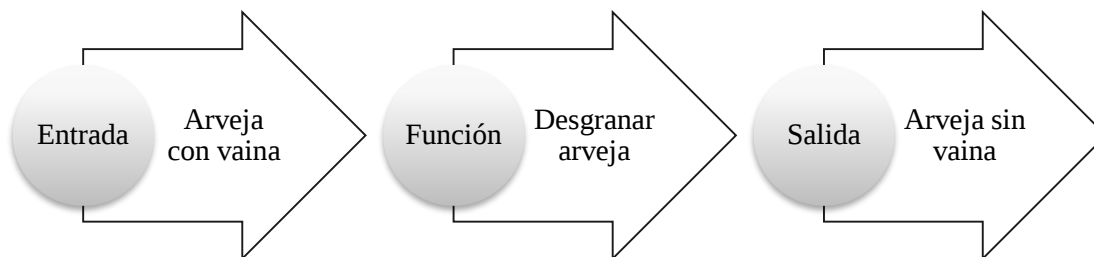
Esquema 9. Caja negra de entradas y salidas



Elaboración propia basado en Cross N., 2002

En principio se plantea globalmente y posteriormente se simplifica tanto como sea necesario.

Esquema 10. Caja negra con funciones



Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Análisis de funciones

La aplicación del método de la “caja negra” para realiza el análisis de funciones se basa en el planteamiento inicial del problema. La función general de un prototipo desgranador consiste en convertir una entrada - arveja con vaina en una salida – arveja sin vaina, ilustrado en el esquema 10.

Dentro de dicha “caja negra” hay un proceso que retira la vaina de la arveja, en consecuencia, los desperdicios son una salida paralela, se sabe que el proceso adicional requiere abrir la vaina para separar la arveja y que en una etapa adicional debe ser una consecuencia la conversión de la arveja con vaina en una arveja sin la misma, en otras etapas hay que separar la arveja desgranada de los desperdicios, la lista de procesos podría ser el siguiente:

Tabla 5. *Caja negra, entradas, procesos y salidas*

ETAPA	ENTRADA	PROCESOS	SALIDA
1	Arveja con vaina		
2		Abrir la vaina Extraer la arveja	
3		Recolectar la arveja Recolectar desperdicios	
4			Arveja desgranada Desperdicios

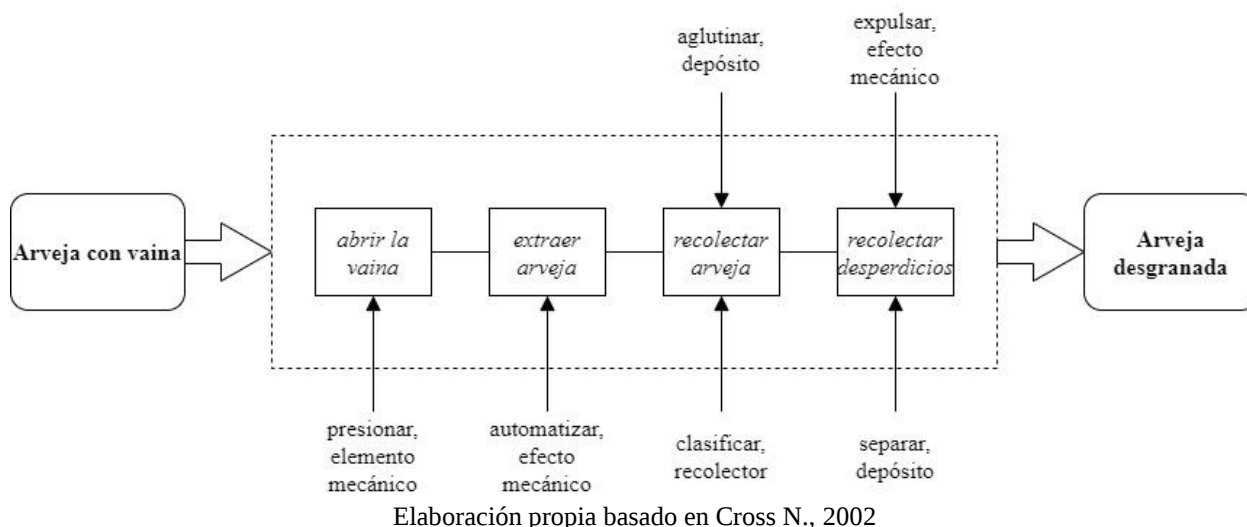
Elaboración propia basado en Cross N., 2002

En la segunda parte del análisis de funciones se especifican funciones secundarias con la composición de un verbo y sustantivo. Como cada función secundaria tiene sus entradas y salidas, debe verificarse qué relación hay entre las mismas.

Un diagrama de bloques está compuesto por todas las funciones secundarias que se identifican por separado, agrupadas en cuadros y enlazadas mediante sus entradas-salidas de tal forma que satisfagan la función general del prototipo.

En otras palabras, la “caja negra” se convierte en “caja transparente” en donde se expresan los procesos, funciones secundarias y sus relaciones.

Esquema 11. *Caja transparente de relaciones, procesos y funciones secundarias*



Fijación de requerimientos

Aquí se hace una limitación al problema de diseño, como por ejemplo el costo: los gastos que se realizan en el desarrollo del producto y el valor que puede pagar el consumidor.

Otros aspectos importantes son el tamaño, el peso, rendimiento, potencia del motor, aspectos legales y factores de seguridad. La amalgama de requerimientos implica la especificación del rendimiento del prototipo, el planteamiento claro de los objetivos de diseño y las funciones del producto (aquellas derivadas del método del árbol de objetivos y análisis de funciones) ya que en esta etapa inicial se configuran como orientaciones para las características que tendrá el prototipo.

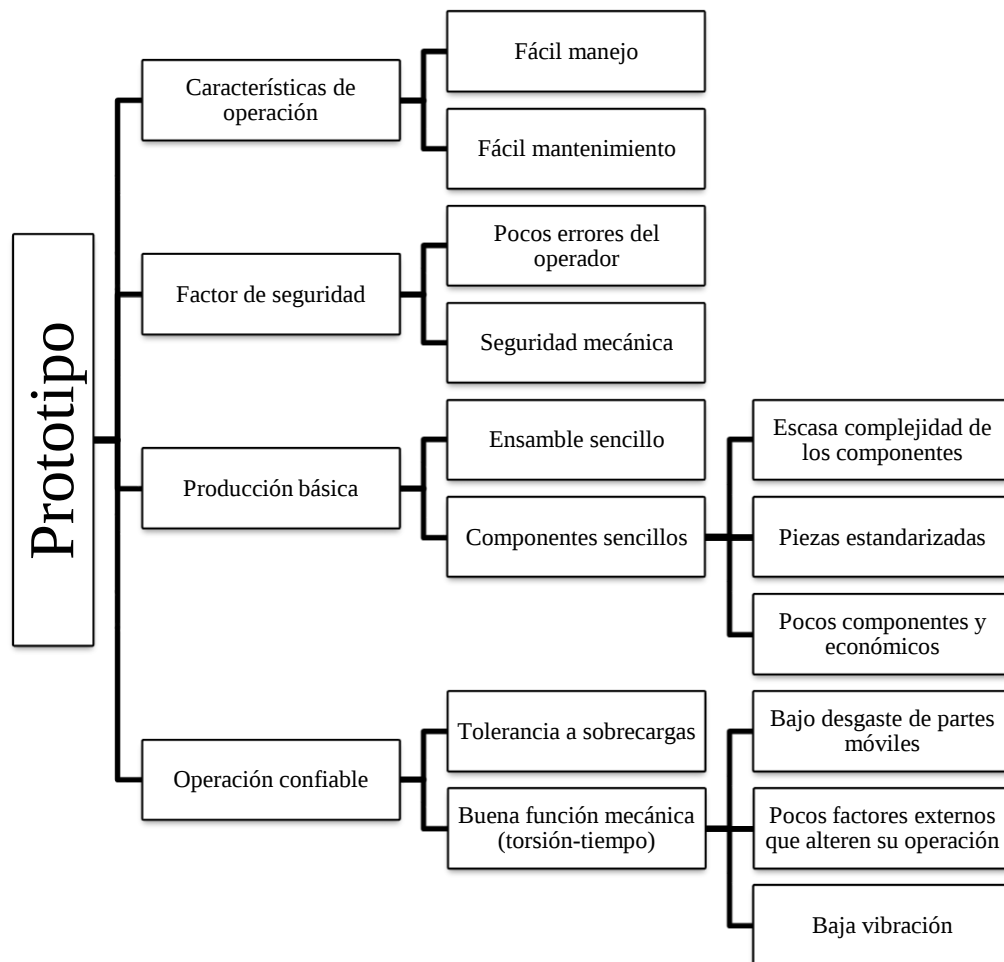
Basado en los métodos de diseño de Cross (2002) donde su premisa es: “el producto debe ser seguro y confiable”, se elabora una lista de elementos que darán insumos a los atributos deseables que debe tener el prototipo:

1. Bajo riesgo de sufrir lesiones el operador.

2. Bajo riesgo de cometer errores el operador.
3. Bajo riesgo de daño al prototipo.
4. Baja complejidad de uso y factor de seguridad acordes con la función del prototipo.

Atributos del prototipo

Esquema 12. Atributos del prototipo



Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Especificación del rendimiento

Esta etapa pretende orientar la definición del problema de diseño, dejando un espacio amplio para que el diseño pueda maniobrar entre los medios y formas que permitan una posible solución, plantear los atributos de dicha solución depende de la información recogida en el

contexto, por lo que se acudió al instrumento de las encuestas, pues estas contribuyeron en el suministro de algunos datos respecto a la *ergonomía y desarrollo de producto*¹² (Anexo 2. *Encuesta factores ergonómicos y desarrollo de producto*) para adoptarlas en las especificaciones de rendimiento y características de diseño del prototipo. Como menciona Cross (2002) en su apartado sobre las especificaciones de un producto: “una especificación define el rendimiento que se requiere mas no el producto requerido”. Por lo tanto, anticipar un conjunto de atributos aplicables al diseño del prototipo, aún sin tener un componente físico que atienda la especificación del rendimiento, la pretensión de este paso se define en la generalidad con la cual se va a trabajar a nivel de generación de concepto de diseño para perfilar una solución apropiada.

En el esquema más común de especificaciones de rendimiento se emplean los símbolos *d* (deseos) y *D* (demandas):

- Distintas capacidades de producción
- Variación de las formas
- Variación de los sistemas mecánicos
- Variación del tamaño
- Variación del peso
- Tipo de operación
- Recepción del producto inicial
- Procesamiento del producto
- Salida del producto final

¹² A partir de estos conceptos se elaboraron dos modelos de encuesta para consolidar información adaptada a las especificaciones de rendimiento y desarrollo de producto, adjunto en anexos (Anexo 2).

Tabla 6. Especificaciones y características de diseño del prototipo

Especificaciones del prototipo desgranador de arveja			
D y d	N°	Requerimientos	
d	1	Capacidad promedio entre 10 y 20 libras de arveja diarios	
D	2	Materiales que no contaminen la arveja al desgranarla	
D	3	Bajas temperaturas al hacer el trabajo	
D	4	Descargar por el costado inferior de la carcasa arvejas y desecho	
D	5	Que se adapte a recipientes universales (depósito de arveja y desechos)	
D	6	El prototipo debe ser fácil de usar	
d	7	Colocar protección en los puntos neurálgicos	
D	8	El sistema de transmisión debe operar a bajas revoluciones	
d	9	Bordes y superficies suaves y de fácil limpieza	
d	10	Operación silenciosa (NTC 3437:1992)	
D	11	Fácil mantenimiento y reparación	
D	12	El espacio entre rodillos comprende entre 2 mm y 3 mm	
d	13	El tamaño no debe superar proporciones que impidan su fácil traslado	
d	14	Debe considerarse de fácil montaje y desmontaje	
d	15	Medio que facilite su movilidad y conexión a una fuente de energía	
d	16	El diseño general debe ser atractivo a los consumidores	
D	17	Aspectos técnicos como el peso, resistencia al impacto o agentes externos, dimensiones, forma, etc.	
D	18	Separación y recolección del producto de fácil acceso para los usuarios	
d	19	La estructura del prototipo es rígida para evitar vibraciones por su operación	
d	20	El desgranado del prototipo debe acercarse al rendimiento manual 500g/8min	
D	21	El consumo de energía debe ser mínimo	
d	22	El prototipo prestará servicio de tipo ligero no mayor a 4 horas	
d	23	La bandeja de abastecimiento del producto debe tener un ángulo de ingreso	
d	24	La carcasa debe tener una separación entre 7 mm y 10 mm respecto a los rodillos para que no impida caída libre de la vaina y los desperdicios	
D	25	El prototipo operará con suministro de corriente alterna monofásica a 110 V	
N°	Características prototipo desgranador de arveja		Requeridas Deseadas
1	Generales		
	Para el pequeño comercio		X
	Uso de espacio en relación a sus dimensiones externas		X
	Debe ser económica		X
2	Trabajo		
	Relativa a la venta periódica del pequeño comercio, entre 20 y 30 libras diarias		X
3	Dimensiones		
		Min. Máx.	
	Largo	30 60	X
	Ancho	20 60	X
	Alto	30 50	X
4	Peso Bruto		
	Entre 5 Kg. y 10 Kg.		X
5	Tipo motor		
	Eléctrico DC		X
6	Mantenimiento		

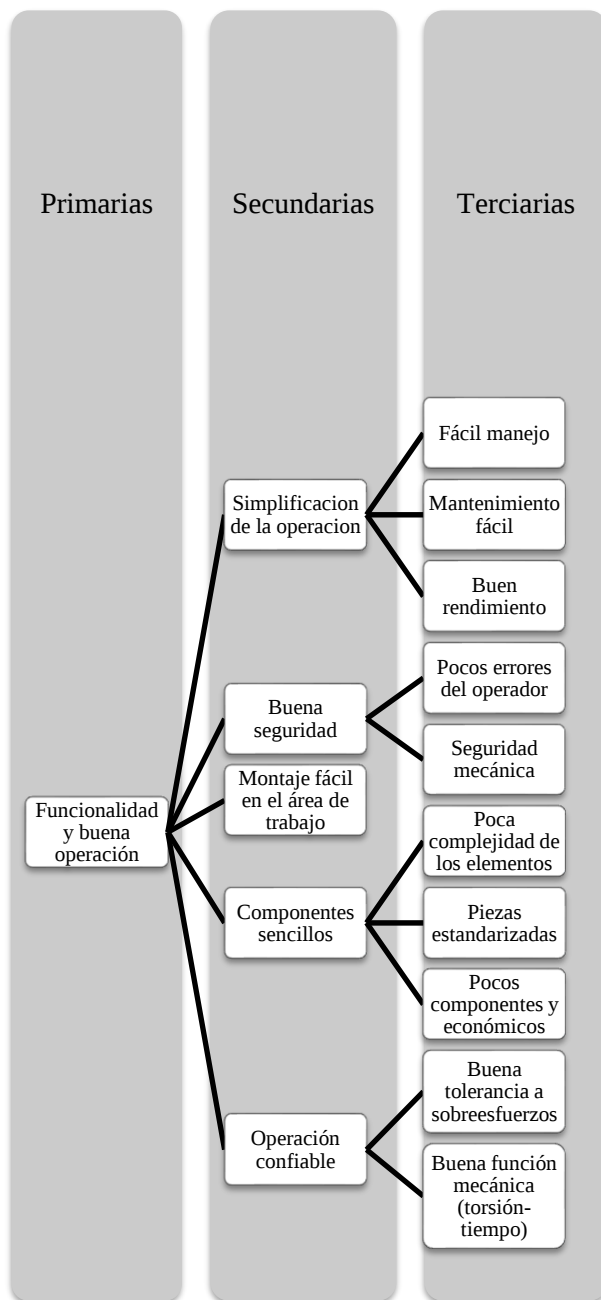
	Mínimo y sencillo	X	
	Posibilidad de reparar		X
7	Uso		
	Utilización: sencilla	X	
	Uso: frecuente		X
	Confiabilidad: alta	X	
8	Durabilidad		
	Mínimo 2 años	X	
9	Seguridad		
	Tan alta como sea posible	X	
10	Contaminación		
	Por debajo del mínimo contemplado en las leyes	X	
11	Forma y estética		
	Atractiva para su comercio	X	
	Movilidad: base, estructura, dimensiones y peso		X
12	Costo		
	desde \$300.000 hasta \$1.000.000	X	

Elaboración propia basado en Cross N., 2002

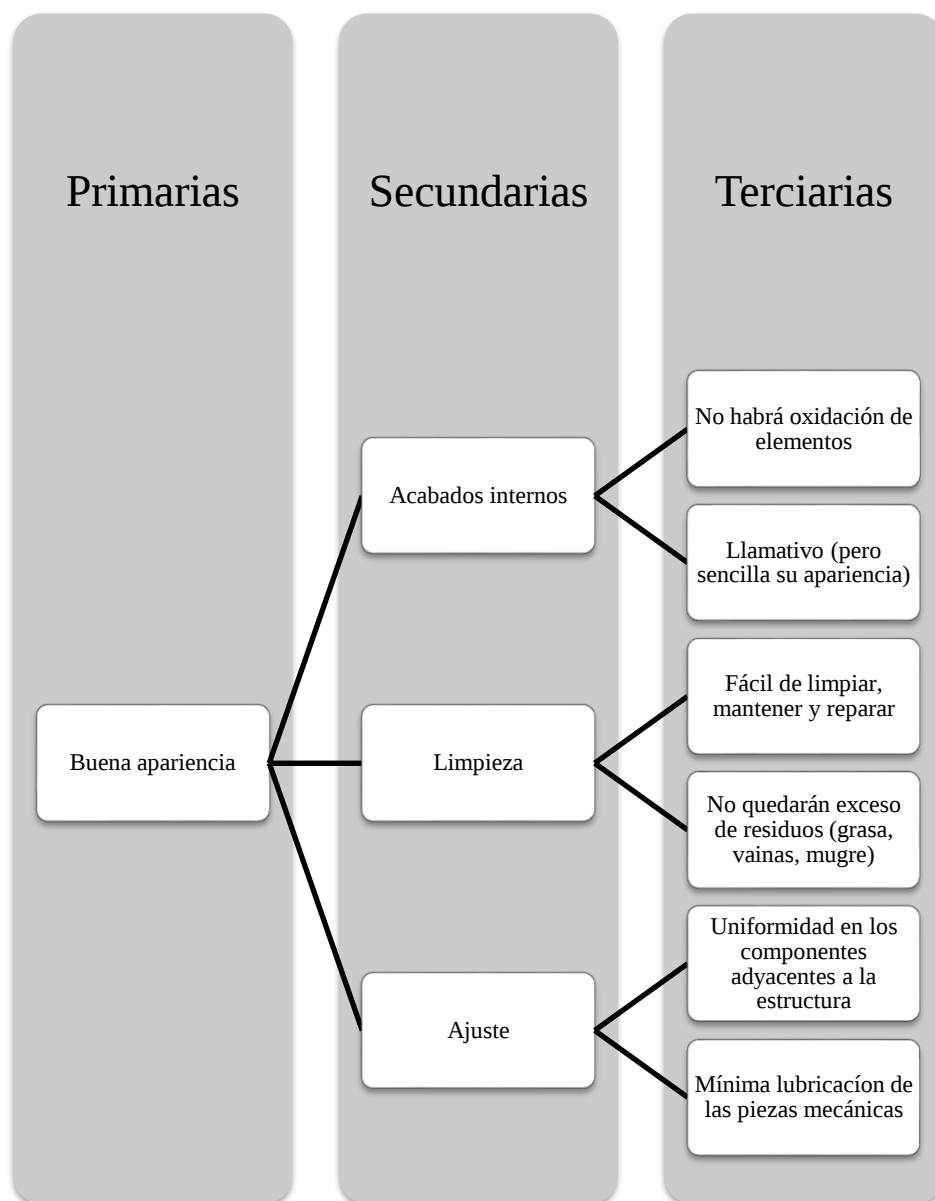
Determinación de características

El propósito es definir insumos que permitirán alcanzar las características de ingeniería del prototipo, de tal forma que satisfagan los requerimientos de diseño.

Esquema 13. *Determinación de características*



Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Esquema 14. *Determinación de características primarias, secundarias, terciarias*

Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Despliegue de la función de calidad

Este paso consiste en generar una matriz donde se elaboran suposiciones y requerimientos que sugieren las fuentes de información y el contexto (véase en *ANEXOS 1-3*), teniendo en cuenta que estas pueden suponer futuros cambios en el proceso de diseño.

Tabla 7. Despliegue de la función de calidad

	Desgranadora de arveja		Pasos para ensamblar	Tiempo de ensamble	# de partes	# de piezas estandarizadas	Peso de las partes	Usabilidad (personas)	
Desempeño funcional	Ensamble/Movilidad	Fácil de ensamblar	✓	✓	✗	✓			
		Fácil de mover	✗	✓	✗				
		Rápida de ensamblar	✗		✗	✓			
		Movilidad ágil	✗		✗				
	Funcionamiento del prototipo	Uso continuo	✓					✓	✓
		Potente			✗				
		Fácil de manejar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Duradera	✓		✓	✓			✓
	Integridad estructural	No traquetea	✗		✗				
		No se dobla	✓		✗				
		No bambolea	✗		✗				
		Peso ligero			✗			✗	
		No se desarma accidentalmente							✓
Limitaciones de espacio	Usabilidad	Personas adultas	✓					✓	
	Sin interferencia	Con usuario						✗	
		Con sistemas de transmisión			✗			✗	
		Con rodillos, cables, bandejas y botones			✗			✗	
		Con estructura			✗			✗	
Desarrollo del prototipo	Tiempo de fabricación	Construcción 4 meses			✗	✓			
		Comercializable			✗	✗		✓	
	Apariencia	Agradable, sencillo			✗	✓		✓	
		Colores neutros			✓	✓		✓	
	Costo de fabricación	Costo mínimo >\$300.000	✗	✗	✗	✗			
		Costo máximo < \$800.000	✗	✗	✗	✗			
✓ 6 ✗ 3-4 ✗ 1-2 1-5 ponderado, niveles requeridos por el diseñador y/o cliente									

Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Generación de alternativas

Generar una gama de soluciones de diseño para un producto y ampliar la búsqueda de nuevas soluciones potenciales.

Lista de funciones

- Depositar arvejas con la vaina
- Abrir la vaina
- Separar las arvejas
- Recolectar las arvejas
- Separar desperdicios
- Recolectar desperdicios

Medios para realizar funciones

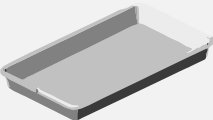
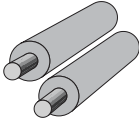
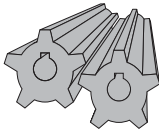
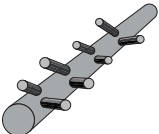
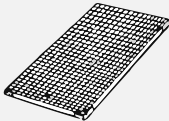
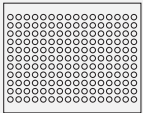
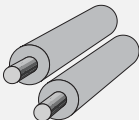
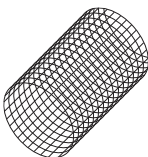
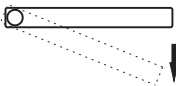
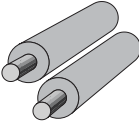
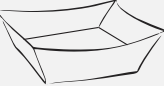
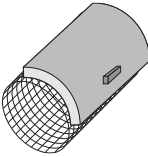
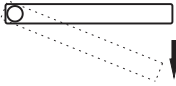
Tabla 8. *Medios para realizar funciones*

Función	Medio
Depositar arvejas con la vaina	Rodillos, banda transportadora, vibración, tolva, bandeja, manualmente
Abrir la vaina	Rodillos, trillador, cuchilla
Separar arvejas	Rejilla o rodillos para clasificar el grano y los desperdicios
Separar desperdicios	
Recolectar arvejas	Emplear depósitos que permitan clasificar la arveja y la vaina
Recolectar desperdicios	

Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Diagrama morfológico

Tabla 9. Diagrama morfológico 1

<i>Función</i>	<i>Solución</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
		Banda transportadora	Tolva	Bandeja	Manualmente
1	Abastecer arvejas con la vaina				
		Rodillos macizos o tubos	Rodillos grafilados	Trilladora	Cuchilla
2	Abrir la vaina				
3	Separar la arveja	Zaranda o rejilla	Cribadora orificios circulares	Por gravedad	Mecánica
					
		Zaranda cilíndrica rotativo	Cribadora con eje móvil	Depósito con riel	Mecánica
4	Separar desperdicios				
5	Recolectar arvejas	Depósitos balde uso doméstico	Canasta	Tazas plásticas rectangulares	
					
		Zaranda con compuerta	Bandeja rotativa	Depósito con riel	Tazas domésticas o bolsas
6	Expulsar desperdicios				

Elaboración propia basado en Cross N., 2002, imágenes tomadas de la WEB y propias

Evaluación de alternativas

Se plantea una lista de funciones o características esenciales para el producto en términos generales y para cada función particular se mencionan los medios con los cuales se podría suplir, aporta nuevas ideas o componentes al diagrama morfológico, el cual puede conformar distintas posibilidades para la selección de un concepto de diseño, el conjunto de opciones es:

Tabla 10. *Lista de funciones*

Soporte	Ruedas, estructura, topes
Energía	Eléctrica, combustible, mecánica, manual
Transmisión	Engranajes, bandas, cadenas, hidráulica
Operación (desgranar)	Cribado por bandas, ruedas, tambor o presión de rodillos
Propulsión (transmisión-operación)	Eje y rodamientos, piñones, poleas, discos de fricción
Detención	Botón, manual, automatizado
Operador	Sentado al frente, sentado atrás, de pie, automatizado

Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Ahora el propósito es buscar versiones alternativas al prototipo, para eso previamente se había consultado máquinas con la misma función para que sus características genéricas sirvan como fuente para ampliar las posibilidades en la selección del concepto de diseño y de paso descartar algunas que por sus características resultan muy costosas o su fabricación es compleja, son las siguientes:

- Medios de soporte y peso que puedan facilitar su movilidad
- Medios para mover el prototipo
- Medios para detener su operación
- Lugar del operador

Una alternativa viable comprendería el siguiente conjunto de opciones, sin embargo, la adición de algunas alternativas podrá generar una lista ampliada expuesta en la siguiente matriz:

Tabla 11. *Lista de opciones*

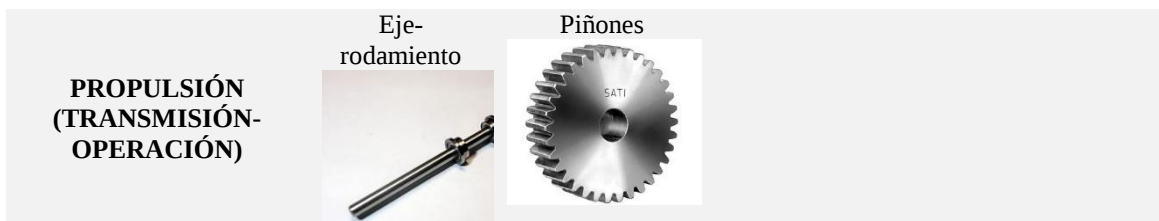
Soporte	Estructura, topes
Energía	Eléctrica, combustible, mecánicas, manual
Transmisión	Engranajes, cadenas, bandas, poleas
Operación (desgranar)	presión de rodillos, trillado, corte
Propulsión (transmisión-operación)	Eje y rodamientos, piñones, poleas, discos de fricción
Detención	Botón (eléctrico), manual, automatizado
Operador	Sentado al frente, de pie, automatizado

Elaboración propia basado en Cross N., 2002

Para garantizar la viabilidad para una posterior selección de diseño se genera un nuevo diagrama morfológico:

Tabla 12. *Diagrama morfológico 2*

CARACTERÍSTICAS	MEDIOS	
SOPORTE	Estructura 	
	Eléctrica 	
TRANSMISIÓN	Engranaje 	Cadena 
	Interruptor 	
DETENCIÓN		
OPERADOR	Sentado de frente 	De pie 
OPERACIÓN (DESGRANAR)		Presión de rodillos 

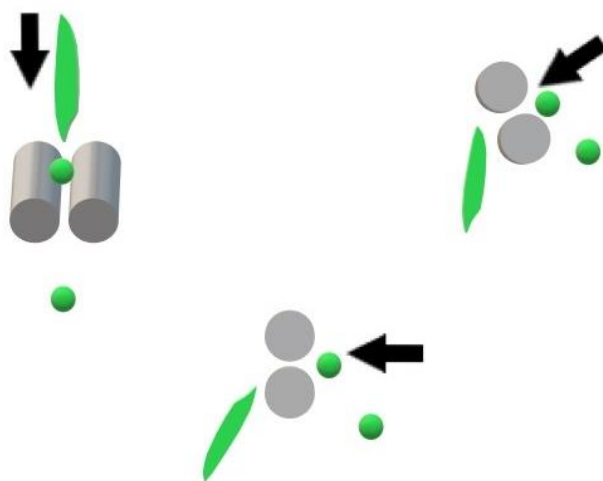


Elaboración propia basado en Cross N., 2002, imágenes tomadas de la WEB

Mejora de detalles

En este apartado se mostrará las posibles configuraciones necesarias para incrementar el valor funcional del prototipo, la información que se tiene de los diversos tipos de mecanismos es insuficiente, aunque los productos con rodillos son más o menos conocidos, a nivel operativo se pueden plantear algunas alternativas de fijación estructural de dichos elementos, pues su tarea fundamental es la de procesar la vaina de arveja, sin embargo, a medida que se realizaba la construcción se aplicaron otras mejoras a nivel de detalle que no se visualizaron conceptualmente. Según convenga, en la elaboración de los modelos se elegirá alguna de las siguientes configuraciones. Rodillos de izquierda a derecha: alineados horizontalmente, alineados verticalmente y desalineados verticalmente.

Esquema 15. Configuración de los rodillos para orientar granos



Elaboración propia en Corel Draw

CAPÍTULO 4: SELECCIÓN DE UN CONCEPTO DE DISEÑO

Propuestas de diseño

En este apartado se presenta el grupo de propuestas trabajadas previamente en *bocetos y esquemas*¹³, las variantes muestran en su configuración estructural el proceso de evolución en la etapa final del proceso de diseño, pues cada una de ellas permitió visualizar detalles de diseño, tanto en la forma como en su función, aunque se eligió formalmente una de ellas, al final todas las propuestas influyeron en la construcción del prototipo final.

A.) Modelo conceptual de rodillos paralelos alineados horizontalmente

Este sistema consistía en dos rodillos paralelos con una leve inclinación que giraban en direcciones contrarias para llevar las vainas hacia su interior, sin embargo, entre los cilindros había una distancia que permitía pasar solo la vaina, el grano de arveja caía por el extremo a una rejilla que retenía el desperdicio y permitía el paso de los granos a otro recipiente, se proyectaba que su funcionamiento mecánico iba a emplear poleas.

Imagen 13. *Modelo conceptual, isométrico*

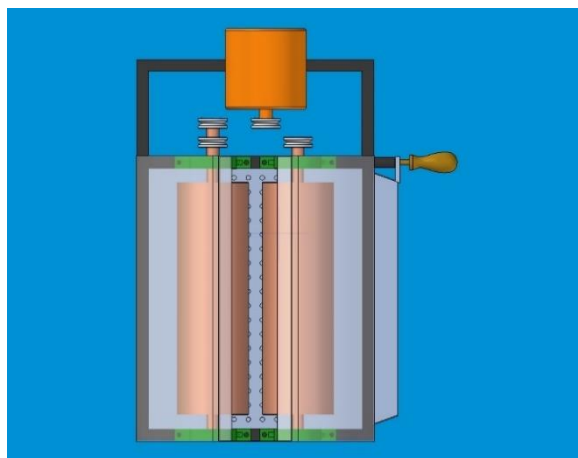


Elaboración propia en Solid Edge

¹³ En una bitácora se registraron algunos bocetos y dibujos, se adjuntan algunos ejemplos de los modelos propuestos antes de formalizarlos a nivel conceptual, visual o práctico e incluso del prototipo final (Anexo 3).

Esta propuesta poseía un motor de 110 V y un sistema de transmisión por poleas de distintos diámetros y bandas que ayudan a reducir las RPM del motor, en vista que las grandes velocidades dañan el grano, además en los extremos de los rodillos había un par de engranajes que invierten el giro de los rodillos para lograr el agarre necesario de las vainas.

Imagen 14. *Modelo conceptual, vista de planta*



Elaboración propia en Solid Edge

A pesar de la potencia, tamaño y peso considerables, el problema de esta propuesta es que no funciona adecuadamente la ubicación horizontal de los rodillos para separar el grano del desperdicio y la rejilla no era garantía de filtrar el grano por cada orificio ya que podrían caer granos y desperdicio en el mismo lugar.

B.) Modelo práctico de rodillos paralelos alineados verticalmente

La materialización del primer prototipo sirvió como fuente primaria para entender el proceso de desgranado de arveja por medio de la presión de dos rodillos verticales de 80 mm de diámetro a una velocidad equivalente a $\frac{6 \text{ giros}}{12 \text{ seg}} \times 60 \text{ seg} = 30 \text{ RPM}$, los cuales permiten el paso de la vaina y la calibración de la distancia aseguraba que no pasara el grano ni se aplastara, puesto que la presión mecánica facilita el proceso de desgranado. Inicialmente se usaron dos rodillos de madera y unos rodamientos puestos en sus extremos, fijados a la estructura del prototipo. Este

primer prototipo práctico funciona con un sistema piñón-cadena y se movía manualmente con unos pedales montados en la parte inferior de la estructura.

Imagen 15. *Modelo práctico 1*



Elaboración propia, registro fotográfico personal

Aunque este sistema ofrece la facilidad de separar la arveja de la vaina, pues dado su gran tamaño era muy difícil moverlo de un sitio a otro por su peso. Además, tenía el problema que los rodillos al estar alineados verticalmente, muy separados y de diámetros grandes, mucha arveja se aplastaba porque alcanzaba a pasar o tenía mayor área de contacto, sin embargo, se usó un caucho para envolver un segmento de los rodillos y disminuir el aplastamiento causado por la presión y el contacto con la dureza de la madera, de esta manera también se calibro mejor la distancia entre los rodillos, gracias al caucho.

Imagen 16. *Modelo práctico 2*



Fotografía 9. Elaboración propia, registro fotográfico personal

Aunque esta solución ayudó a disminuir el aplastamiento de las arvejas y sirvió para mejorar el concepto de diseño a partir de rodillos verticales por presión, aún eran insuficientes

los resultados que se esperaban, así que se descartó la alineación vertical de los rodillos, pero se tuvo en cuenta la distancia de los rodillos que rondaba entre los dos o tres milímetros.

Se realizó la siguiente tabla con configuraciones diferentes en los rodillos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 13. *Resultados de calibración de rodillos*

# PRUEBA	LUZ ENTRE RODILLOS	OBSERVACIONES	CONFIGURACIÓN
1	5 mm	1-2 arvejas aplastadas, no pasó la vaina	Sin caucho
2	4 mm	Última y antepenúltima arvejas aplastadas, paso la vaina	
3	2,5 mm	Una aplastada, paso vaina	
4	1,5 mm	Una aplastada, paso vaina pero es mayor el aplastamiento	
5	1,5 mm	Una aplastada, paso vaina	Un rodillo con caucho (+1,5 mm al diámetro)
6	5 mm	Todas aplastadas, paso vaina	
7	5 mm	En ambas pruebas desgrano sin problema	Ambos rodillos con caucho (+1,5 mm espesor)
8	2 mm	Sin novedad	

Elaboración propia, basada en pruebas experimentales

C.) Modelo visual de rodillos paralelos desalineados verticalmente

Esta maqueta fue el principio del que sería posteriormente el prototipo funcional, se planteó sucintamente la estructura y el modelo que recubre la estructura.

Imagen 17. *Modelo visual 1*



Elaboración propia, registro fotográfico personal

Se consideró la posibilidad de utilizar un sistema de vibración en la tolva y bandeja de alimentación con el fin de guiar la vaina hacia los rodillos.

Imagen 18. *Modelo visual 2*



Fotografía 10. Elaboración propia, registro fotográfico personal

Posteriormente se descartó usar el sistema de vibración por el aumento del costo y dado el tamaño del prototipo era muy difícil su implementación.

Imagen 19. *Modelo visual 3*



Elaboración propia, registro fotográfico personal

Selección de diseño

En el proceso de selección se emplea la matriz propuesta por Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger en su libro *Diseño y Desarrollo de productos* (2009), quienes proponen asignar un valor cuantitativo a cada criterio de selección de un producto, además se establece la relevancia de cada uno al asignarle un porcentaje que evidencia su importancia dentro del diseño.

Tabla 14. Valores de evaluación de un producto

Desempeño	Calificación
Ideal	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Malo	1

Elaboración propia basado en Ulrich K.T., Eppinger S.D., 2009

Para obtener mejores resultados producto de la comparación de algunas alternativas para seleccionar un concepto de diseño preliminar, se plantea una serie de variables importantes cuyo propósito será satisfacer los objetivos de diseño propuestos en este trabajo.

Tabla 15. Criterios de selección

N°	Variable
1	Peso
2	Volumen
3	Capacidad
4	Facilidad de uso
5	Manufactura
6	Energía (fuente)
7	Diseño
8	Confiabilidad
9	Tamaño
10	Mantenimiento

Elaboración propia, basada en Ulrich K.T., Eppinger S.D., 2009

Para mostrar los resultados en la matriz de selección se realiza una tabla con las propuestas de diseño con el fin de ponderar la opción que se ajuste mejor a los criterios de selección.

Tabla 16. Matriz de selección de un concepto de diseño

		Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C	
Criterios de selección	Importancia porcentual	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada
Peso	10%	2	0.2	3	0.3	4	0.4
Volumen	5%	3	0.1	2	0.15	3	0.2
Capacidad	5%	4	0.2	5	0.25	3	0.1
Facilidad de uso	15%	2	0.3	4	0.6	4	0.6
Manufactura	15%	3	0.45	4	0.6	3	0.45
Energía (fuente)	15%	5	0.75	5	0.6	5	0.75
Diseño	10%	1	0.1	2	0.2	3	0.3
Confiabilidad	10%	1	0.1	3	0.4	4	0.5
Tamaño	10%	1	0.1	2	0.2	4	0.4
Mantenimiento	5%	2	0.1	2	0.15	2	0.1
	total		2.4		3.45		3.8

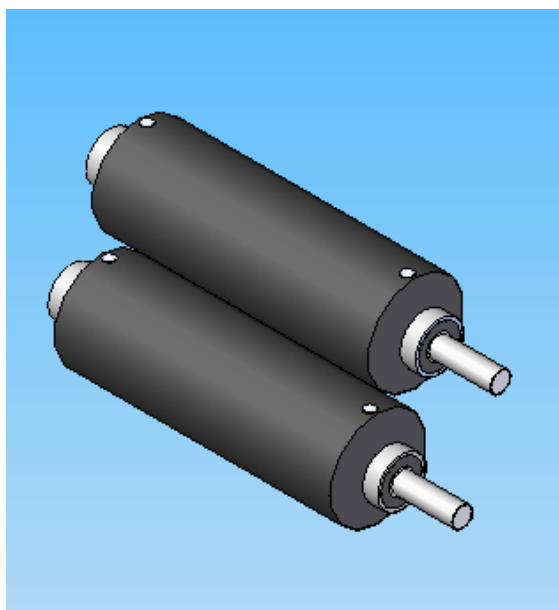
Elaboración propia basada en Ulrich K.T., Eppinger S.D., 2009

Como se observa en la matriz, la alternativa C fue la que mejor ponderado obtuvo, un total de 3.8, este resultado se debe en parte porque su peso, tamaño y confiabilidad ofrece garantías de moverla de un lugar a otro y su facilidad de uso. Por lo tanto, la opción a escoger es la Alternativa C, a la cual se le harán algunas variantes y ajustes en su diseño y fabricación.

Diseño

Una vez analizada la opción seleccionada y las variantes que intervienen en el desarrollo del prototipo, se encontró que el método más pertinente es por presión de rodillos desalineados verticalmente, los cuales tendrán un revestimiento para que no surjan inconvenientes al entrar en contacto con la vaina, al pasar por los rodillos separará el grano de la vaina, siendo el más factible para su fabricación en comparación con los planteados al principio en los tipos de desgranado de arveja. En el *Anexo 4. Planos*, se encontrarán los planos constructivos de las principales piezas del prototipo desarrollado.

Imagen 20. Rodillos para desgranar arveja



Elaboración propia en Solid Edge

Este método es garantía de bajo costo y una manufactura menos compleja, su operación es sencilla, pero tiene como desventaja que requiere algunas piezas que no son comerciales y por lo tanto tomaría más tiempo en su fabricación.

Desgranar arveja mediante rodillos necesariamente obliga a que haya una distancia prevista para fijar en unos centros determinados de la estructura estos rodillos, esta medida evitará el aplastamiento del grano. Este mecanismo se basa en la compresión de la vaina generada por la fuerza radial de los rodillos, de tal forma que rasga puntualmente la vaina. Además, el movimiento invertido de ambos rodillos asegura la compresión de la vaina y la descentralización de los ejes permite que el grano caiga en un lado por la gravedad y el desperdicio pase al costado de los rodillos y caiga en el recipiente por el mismo efecto.

Fortalezas

- El prototipo no tiene objetos corto punzantes que puedan representar un factor de riesgo ante un eventual accidente.

- El desgranado y posterior selección del grano está asegurada con este sistema.

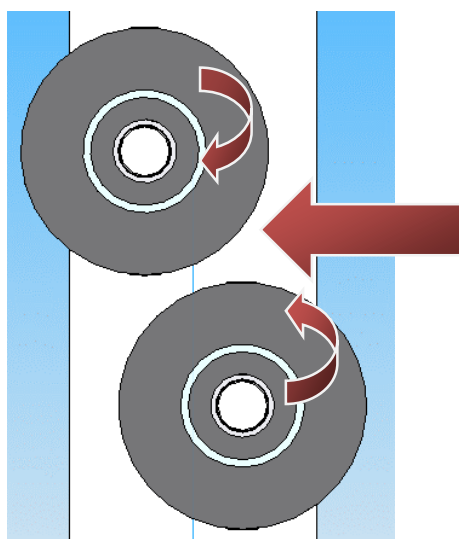
Debilidades

- Algunas piezas son de fabricación especial y por lo tanto no son comerciales.
- El sistema de abastecimiento es manual.

Funcionamiento

Los rodillos se encuentran a una distancia determinada, 2 mm aproximadamente, los cuales evitan el aplastamiento de la mayoría de los granos de arveja, el producto pasa por los rodillos de forma perpendicular y guiada por las manos, el sistema de transmisión permite que los engranajes giren en sentidos opuestos para que la vaina sea halada al interior y de esta manera abra la vaina y solo esta pase por el medio de los rodillos, mientras que el grano no pasa entre los rodillos y por gravedad quedaría automáticamente en el costado anterior.

Esquema 16. *Funcionamiento de los rodillos*



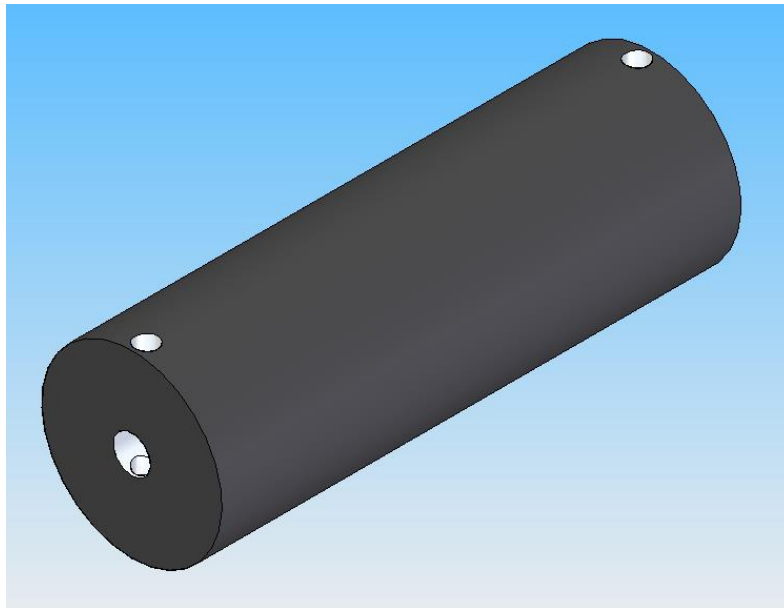
Esquema 10. Elaboración propia en Solid Edge

Componentes principales del prototipo

Rodillos

Estos llevan unos rodamientos en sus respectivos ejes para evitar que la fricción detenga su movimiento. Además, incluye unos engranajes con cadena de paso 25 ubicados en cada rodillo, necesarios para transmitir la potencia del sistema, generando un giro en sentido contrario dada la ubicación determinada de la cadena, esto con el fin de separar el grano de arveja de la vaina por compresión.

Imagen 21. Vista en detalle de rodillo revestido

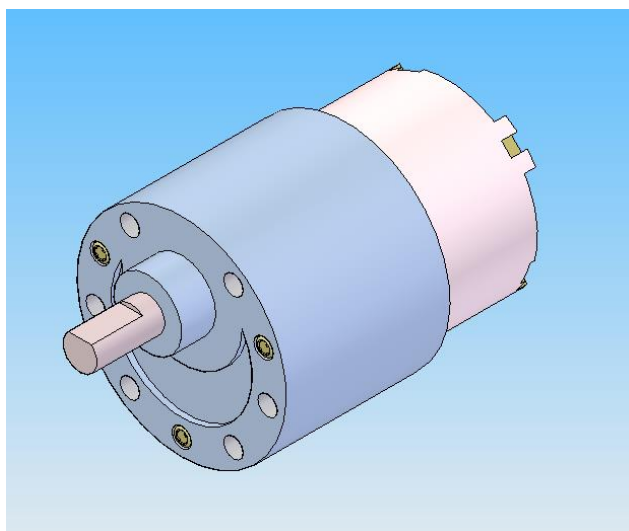


Elaboración propia en Solid Edge

Motorreductor DC

Este motorreductor está acoplado a un tren de engranajes junto con un tensor de cadena, este motor funciona con corriente continua de 12 V a 10-150 mA, es de baja velocidad (15 RPM-1.1 W) y un torque estimado de 120 N*cm.

Imagen 22. *Isométrico de motorreductor*

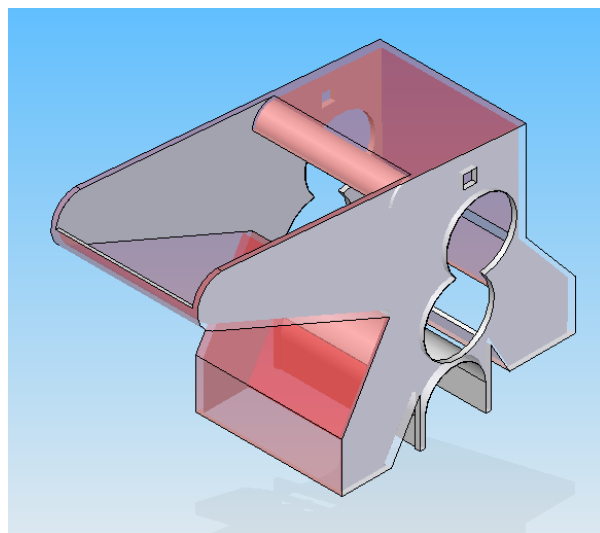


Solid Edge. Motorreductor en vista isométrica

Carcasa

Son dos piezas, un guarda motor- sistema de transmisión y una bandeja inclinada donde se pone manualmente la vaina para que haga el proceso de desgrane, por un costado queda el grano en un recipiente y por el otro sale el desperdicio, en un costado de la carcasa se sitúan algunos dispositivos de control electrónico, como interruptor de encendido-apagado y potenciómetro para regular la velocidad de giro.

Imagen 23. *Isométrico de carcasa del prototipo*

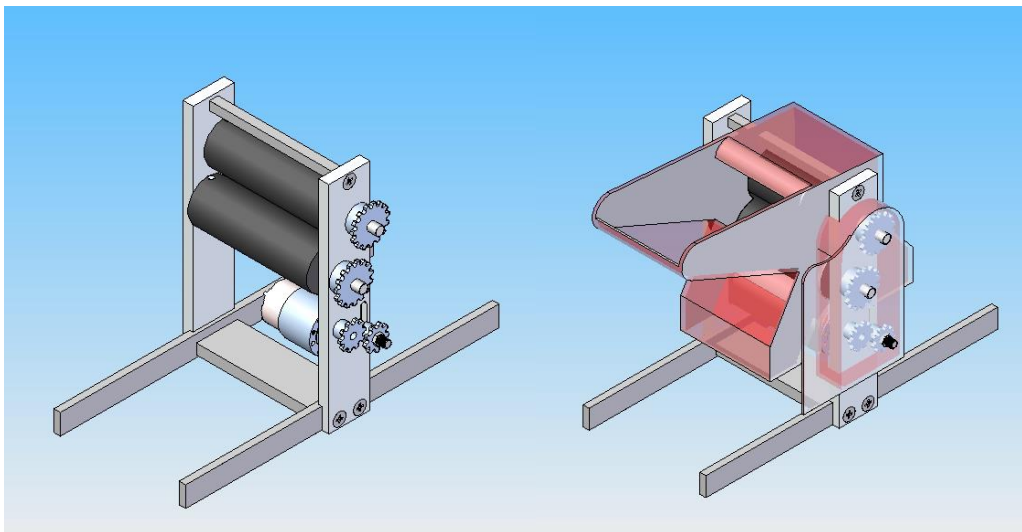


Elaboración propia en Solid Edge

Estructura

Proyectada en platina en aluminio para alojar los rodamientos y dar un soporte fijo al motor, sistema de transmisión y a la carcasa. La base (horizontal) es con platina de 3/4x1/4.

Imagen 24. Estructura y prototipo en vista isométrica

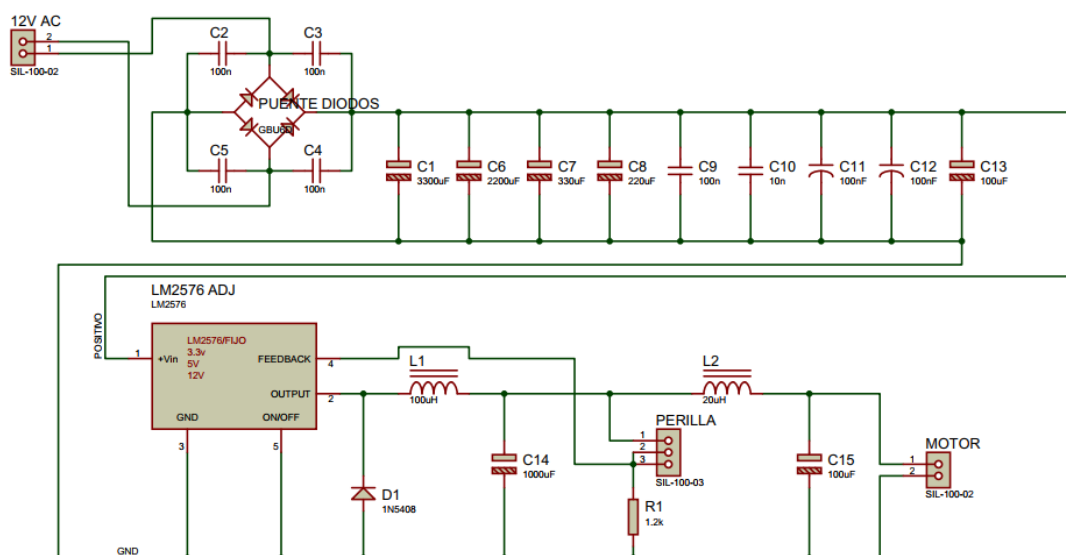


Elaboración propia en Solid Edge

Circuito electrónico

El prototipo requiere un sistema de control que permita regular la velocidad de giro del motor, proteger de sobrecargas eléctricas el sistema, y brindar la potencia necesaria a bajas velocidades, primero porque el grano se daña muy fácil especialmente cuando es muy tierno y a grandes velocidades, teniendo en cuenta que se requiere es un buen torque y en seguida para poder visualizar la función de los rodillos al desgranar la arveja. Además, el diseño de este circuito permite reemplazar el motor actual con uno de características superiores si fuera necesario mejorar la especificación del prototipo.

Esquema 17. Esquema de circuito electrónico



Archivo personal, elaborado en Proteus

Por costos, en su gran mayoría se emplearon componentes electrónicos comerciales, los cuales brindan una velocidad apropiada al motor, posee un sistema de protección del sistema electrónico mediante un fusible de 125 mA, un interruptor de 110 V para controlar el encendido del prototipo, un potenciómetro de 10 k que regula la velocidad de giro, y, por último, se conecta a una fuente de 110 V por medio de un transformador se convierten en los 12 V necesarios para alimentar el sistema electrónico.

Imagen 25. Representación tridimensional del circuito electrónico



Archivo personal, elaborado en Proteus

Cálculos

Inicialmente se mostrará una tabla de valores del modelo práctico y en seguida algunas especificaciones de interés correspondientes al motorreductor, los cuales suministran sucintamente los cálculos del prototipo final. Para detallar la memoria de los cálculos (Budynas & Nisbett, 2012) del prototipo véase en el *Anexo 5. Memorias de los cálculos*.

Tabla 17. Valores de las magnitudes: Fuerza – Distancia – Momento

Prototipo anterior	F	d	M
	1 kg	17 cm	17 kgf.cm o 1,7 Nm
	2,83 kg	1,27 cm	12 kgf.cm o 1,2 Nm

Elaboración propia a partir de los datos del modelo práctico y motorreductor

Anteriormente, en el prototipo inicial:

$$M_1 = 1kg \times 17\text{ cm} = 17kg.cm$$

Diámetro rodillo 8cm

$$F = \frac{M}{d} = \frac{17\text{ kg.cm}}{4\text{ cm}} = 4,25\text{ kgf}$$

Es la fuerza necesaria para desgranar arveja

En el prototipo final:

$M = 1,2\text{ N.m}$ Es el torque del motor

$$\omega = 15\text{ RPM} \times \frac{2\pi\text{rad}}{1\text{ rev}} \times \frac{1\text{ min}}{60\text{ seg}} = 1,57\frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$i = \frac{10\text{ Z}}{15\text{ Z}} = 0,6\text{ es un sistema reductor}$$

$$P = 1,2 \text{ Nm} \times 1,57 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} = 1,88 \text{ w}$$

$$F = 4,25 \text{ kgf} \times \frac{10 \text{ Z}}{15 \text{ Z}} = 2,83 \text{ kgf}$$
 Es la fuerza del engranaje conducido

Diámetro primitivo del engranaje conducido es 2,54 cm

$$M = 2,83 \text{ kg} \times 1,27 \text{ cm} = 3,59 \text{ kgf.cm}$$
 Es el momento del engranaje conducido y transmitido por medio del eje de 8 mm al rodillo

Si bien es cierto que las especificaciones están muy ajustadas, es un prototipo acondicionado para sustituir el motor actual por uno con mayor rendimiento, aunque el motor actual puede realizar el trabajo ligero para demostrar el funcionamiento del sistema mecánico.

Costos

Es importante presentar la sistematización de los costos de diseño y fabricación implicados en el desarrollo del prototipo desgranador de arveja, entre ellos los costos directos de los materiales y procesos de manufactura. Y otros gastos indirectos asociados al proceso de diseño, asesoría, mano de obra y viáticos de transporte, dados en moneda colombiana (COP).

Tabla 18. Precios de los materiales del prototipo

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO
Platina aluminio 1½x3/8	50 cm	\$ 18.742
Platina aluminio 3/4x1/4	50 cm	\$ 8.000
Platina aluminio 8x8 mm	20 cm	\$ 6.000
Eje aluminio 1½	50 cm	\$ 36.646
Revestimiento	1 mt	\$ 8.000
Tornillería	varios	\$ 20.000
Acrílico de 3 mm	240 cm²	\$ 40.000
Pegamento especial	120 ml	\$ 5.000
Rodamientos 19 mm x 8 mm	4	\$ 16.000
Eje acero plata Ø 8 mm	1 mt	\$ 15.000
Eje acero plata Ø 6 mm	1 mt	\$ 13.000
Cadena paso 25	1 mt	\$ 15.000
Engranaje paso 25 - 15	2	\$ 30.000

Engranaje paso 25 -10	1	\$ 13.000
Engranaje paso 25 - 9	1	\$ 10.000
Recipiente plástico rectangular	2	\$ 8.000
Motorreductor DC 12 v HT	1	\$ 80.000
Lija varios	varios	\$ 8.000
Brilla metal	1	\$ 10.000
Impresión circuito electrónico	1(x2)	\$ 33.000
Insumos electrónica	varios	\$ 67.000
Transformador 110 V a 12 V 1 A	1	\$ 16.000
Cable Jack	1	\$ 3.800
Insumos papelería	varios	\$ 20.000
Total		\$ 500.188

Elaboración propia a partir de las facturas de compra

Costos de horas trabajadas de máquinas y herramientas¹⁴:

$$E = \frac{P.M.}{H.T.}$$

E = equipo

PM = precio máquina

HT = hora trabajada anual (promedio-1920-960-480 hr)

Tabla 19. Valor tiempo de máquina-trabajo

CANT. HRS.	DESCRIPCIÓN	PRECIO EQUIPO	V. UND H/T (\$COP)	V. TOTAL (\$COP)
3	Torno paralelo de 150 cm entre puntos	\$ 35.000.000	\$ 18.229	\$ 54.688
16	Taladro fresador	\$ 15.000.000	\$ 7.813	\$ 125.000
2	Sierra cinta	\$ 6.000.000	\$ 3.125	\$ 6.250
3	Esmeril de banco	\$ 900.000	\$ 469	\$ 1.406
10	Taladro inalámbrico	\$ 700.000	\$ 365	\$ 3.646
5	Brocas	\$ 500.000	\$ 521	\$ 2.604
5	Macho para roscar	\$ 70.000	\$ 146	\$ 729
8	Escariador	\$ 30.000	\$ 63	\$ 500

¹⁴ Véase en: ¿Cuánto cobran los talleres de máquinas por sus servicios? En el sitio web www.cuidatudinero.com

1	Barra de alesar	\$ 100.000	\$ 208	\$ 208
1	Moleteadora	\$ 180.000	\$ 188	\$ 188
2	Buril tungsteno 5/8	\$ 23.000	\$ 48	\$ 96
2	Avellanador	\$ 55.000	\$ 29	\$ 57
2	Pistola de calor	\$ 65.000	\$ 34	\$ 68
2	Estación de soldadura estaño	\$ 200.000	\$ 417	\$ 833
6	Calibrador Pie de Rey Vernier	\$ 50.000	\$ 52	\$ 313
6	Flexómetro	\$ 15.000	\$ 8	\$ 47
5	Bisturí o exacto	\$ 5.000	\$ 3	\$ 13
2	Rayador o gramil	\$ 60.000	\$ 31	\$ 63
1	Centro punto o granete	\$ 20.000	\$ 10	\$ 10
1	Escuadra metálica	\$ 20.000	\$ 10	\$ 10
4	Segueta o arco de sierra	\$ 30.000	\$ 16	\$ 63
2	Limas	\$ 20.000	\$ 10	\$ 21
2	Martillo	\$ 25.000	\$ 13	\$ 26
4	Destornilladores	\$ 20.000	\$ 10	\$ 42
3	Llaves de boca fija (mixtas)	\$ 30.000	\$ 16	\$ 47
2	Llaves de boca ajustable (inglesa)	\$ 35.000	\$ 18	\$ 36
3	Llaves Allen	\$ 12.000	\$ 6	\$ 19
4	Alicates	\$ 30.000	\$ 16	\$ 63
2	Prensa de banco o mordazas	\$ 30.000	\$ 16	\$ 31
4	Juego de mordazas del taladro fresador	\$ 350.000	\$ 182	\$ 729
12	Muebles	\$ 500.000	\$ 260	\$ 3.125
	Total			\$ 200.930
*horas anuales promedio 1920-960-490				

Elaboración propia a partir de los precios (2019) por hora trabajada de máquina

Tabla 20. *Otros gastos*

DURACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR MENSUAL	V. TOTAL (\$COP)
2 meses	Proceso de diseño y asesoría ingenieril	\$ 1.900.000	\$ 3.800.000
15 días	Mano de obra tecnólogo metal mecánica	\$ 1.000.000	\$ 400.000
20 horas	Servicios básicos (luz y agua)		\$ 10.000
3 días	Diseño y desarrollo de circuito electrónico (80% materiales)		\$ 80.000
10 viajes	Viáticos compra de materiales		\$ 50.000
	Total		\$ 4.340.000

Elaboración propia basada en las facturas y gastos varios.

Tabla 21. *Gastos totales del proyecto*

DETALLE	VALOR
Materiales	\$ 500.188
Hora máquina/herramienta	\$ 200.930
Otros gastos*	\$ 4.340.000
Total	\$ 5.041.118

Elaboración propia basada en los gastos. * En la práctica, es una aproximación simbólica al costo real de un proceso de diseño y desarrollo de producto

Fabricación

En la elaboración del prototipo intervinieron distintos procesos de manufactura, uso de máquina-herramienta, selección de materiales y herramientas de maquinado (López, 1977), se sistematizó la fabricación y procedimiento en las respectivas *fichas técnicas de procedimiento*¹⁵ (Anexo 6. *Fichas técnicas de proceso*), se mostrarán resultados de algunas de las siguientes piezas:

¹⁵ Según G. Adriana en su guía para documentar la norma ISO 9001:2015 se entiende por ficha de proceso que es una herramienta para visualizar esquemáticamente las fases de un proceso, responsabilidades de las personas que intervienen, la documentación generada, etc. (s.f.) Para visualizar las fichas técnicas de proceso de fabricación de las principales piezas véase el anexo 6.

La elaboración de los rodillos requirió un eje de diámetro de $1\frac{1}{2}$ "x 50 cm de longitud, a los cuales se les hizo una perforación pasante de 8 mm pasantes, luego se hizo un moleteado para que tenga mejor agarre al material que cubrirá el rodillo y posteriormente se realizó el corte a 9 cm cada rodillo.

Imagen 26. *Barra en aluminio de $1\frac{1}{2}$ "*



Registro fotográfico personal

Imagen 27. *Proceso de moleteado*



Registro fotográfico personal

Imagen 28. Corte con sierra de arco



Registro fotográfico personal

Rodillo con la perforación pasante en la sección circular de 8mm, cuatro agujeros roscados perpendiculares al rodillo para fijar prisioneros de $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2}$ " al eje, posteriormente se hace un revestimiento especial para mejorar su agarre y evitar el deterioro del grano:

Imagen 29. Rodillo terminado y revestido



Registro fotográfico personal

Se usó platina en aluminio de $1 \frac{1}{2}$ " x 50 cm para poder fijar los rodamientos a los ejes de los rodillos que a su vez estarán acoplados a los engranajes.

Imagen 30. Platina en aluminio de $1\frac{1}{2}$ " x 50 cm



Registro fotográfico personal

Platina con molde mecanizado equivalente al diámetro exterior del rodamiento - 19 mm - donde se fijarán los rodamientos que garantizarán el giro de los rodillos:

Imagen 31. Platina en aluminio de $1\frac{1}{2}$ " con rodamiento de 19 mm x 8 mm



Registro fotográfico personal

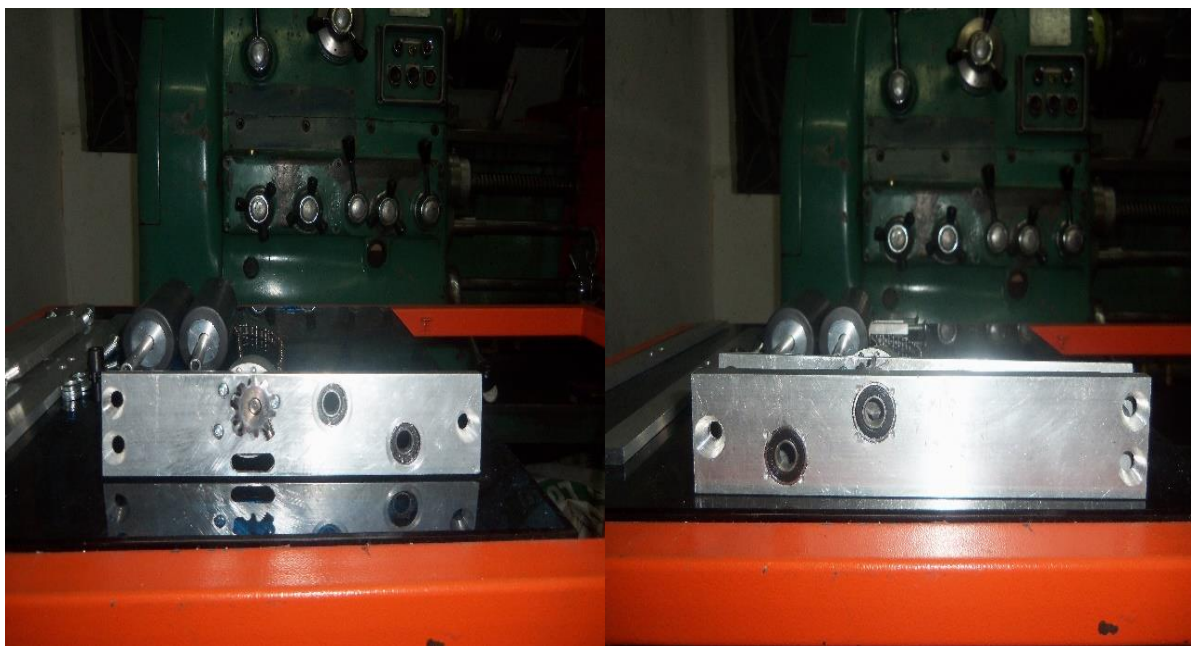
Preensamble de los engranajes de paso 0.25, 2 de 15 dientes y 1 de 10, hay un cuarto engranaje de 9 dientes que cumple la función de tensor, sin embargo, se mostrará los tres primeros:

Imagen 32. *Premontaje del sistema mecánico*



Registro fotográfico personal

Imagen 33. *Platinas estructurales terminadas*



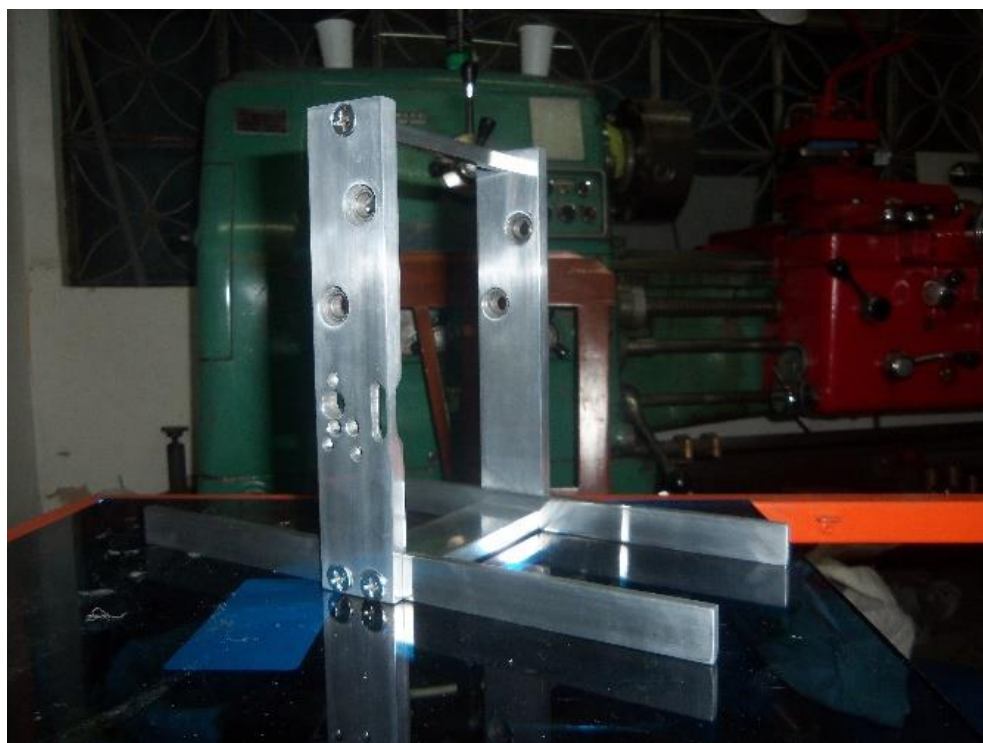
Registro fotográfico personal

Imagen 34. *Preparación del montaje del motor*



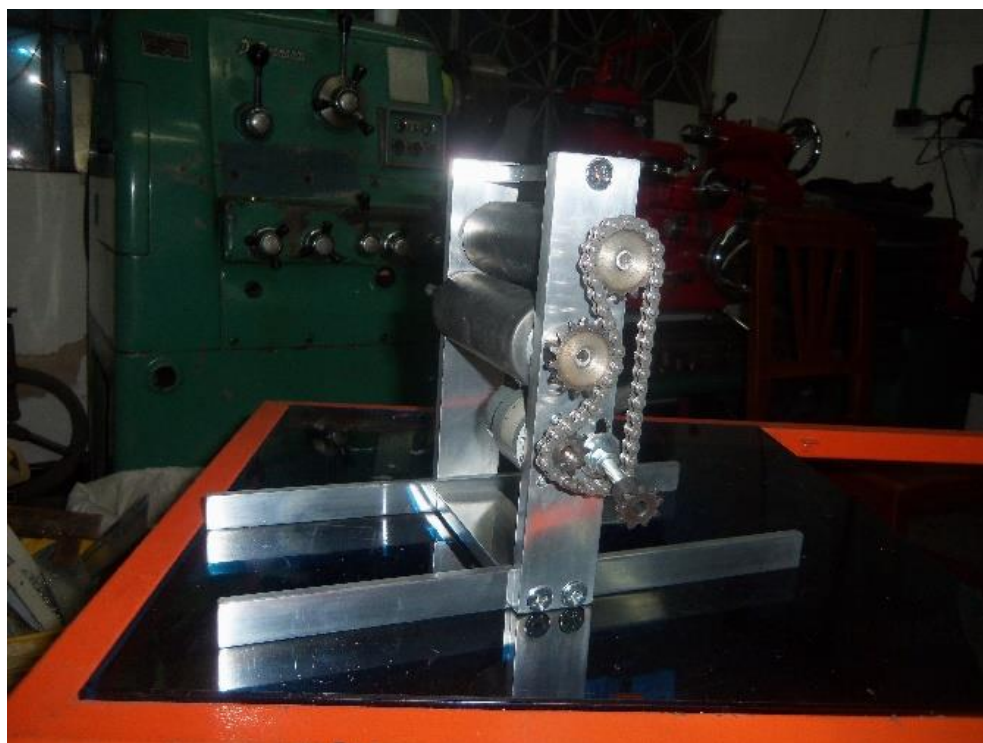
Registro fotográfico personal

Imagen 35. *Montaje parcial de la estructura*



Registro fotográfico personal

Imagen 36. *Ajuste preliminar del sistema de transmisión*



Registro fotográfico personal

Elaboración del croquis de la carcasa encargada de proteger la estructura, sistema de engranajes, motor y circuito electrónico

Imagen 37. *Modelo de la carcasa en cartón*





Registro fotográfico personal

Montaje de carcasa y guarda del prototipo:

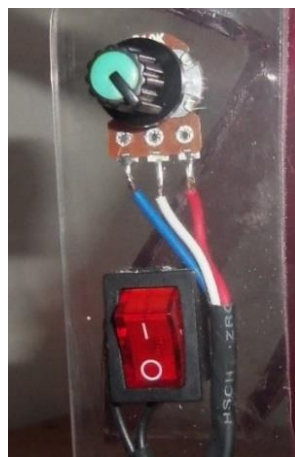
Imagen 38. Montaje de carcasa y guarda



Registro fotográfico personal

Sujeción de interruptor de 110 V y potenciómetro del motor, botones de control:

Imagen 39. Sistema de control del prototipo



Registro fotográfico personal

Montaje en platina base de derecha a izquierda: Jack de alimentación de energía y protección del sistema electrónico - portafusible:

Imagen 40. Sistema de alimentación y protección eléctrica



Registro fotográfico personal

Montaje de transformador de 110 v a 12 v de 1 amperio en platina estructural posterior, es decir en el lado opuesto del sistema mecánico:

Imagen 41. Transformador eléctrico 110 V a 12 V de 1 amperio



Registro fotográfico personal

Sujeción del circuito con tornillo de 2 mm de diámetro a la carcasa:

Imagen 42. *Circuito electrónico del prototipo*



Registro fotográfico personal

Prototipo ensamblado y terminales conectadas al circuito electrónico:

Imagen 43. *Vista del prototipo completo*



Registro fotográfico personal

Pruebas

Se realizaron algunas pruebas con los componentes más destacados y sus respectivos ajustes (Nieto et al., 1985), los cuales se mostrarán a continuación:

Prueba a la estructura de aluminio del prototipo

El aluminio por tratarse de un metal ligero y de peso estimado en 2.7 g/cm^3 , (cerca de un tercio del peso del acero) reduce considerablemente el peso neto del prototipo, es menos complejo de mecanizar, su resistencia puede adaptarse al trabajo mecánico y resiste la corrosión ya que no necesita aplicación de pinturas o anticorrosivos, disminuye los costos y ofrece unas propiedades inigualables en su aplicación. Un gran porcentaje del prototipo está hecho con aluminio, por ejemplo las platinas $1\frac{1}{2} \times 3/8$, $3/4 \times 1/4$, $8 \times 8 \text{ mm}$ de la estructura están sujetas con tornillo galvanizado avellan de $1/4 \times 1''$ ofrecieron la rigidez necesaria, garantizado que no se presentará juego en la estructura, en los centros definidos en la geometría de la platina se insertaron los rodamientos donde van los ejes de los rodillos para evitar algún tipo de rozamiento que pudiera impedir su rotación, el peso estimado de la estructura es de 600 gramos.

Imagen 44. Ajuste a la estructura del prototipo

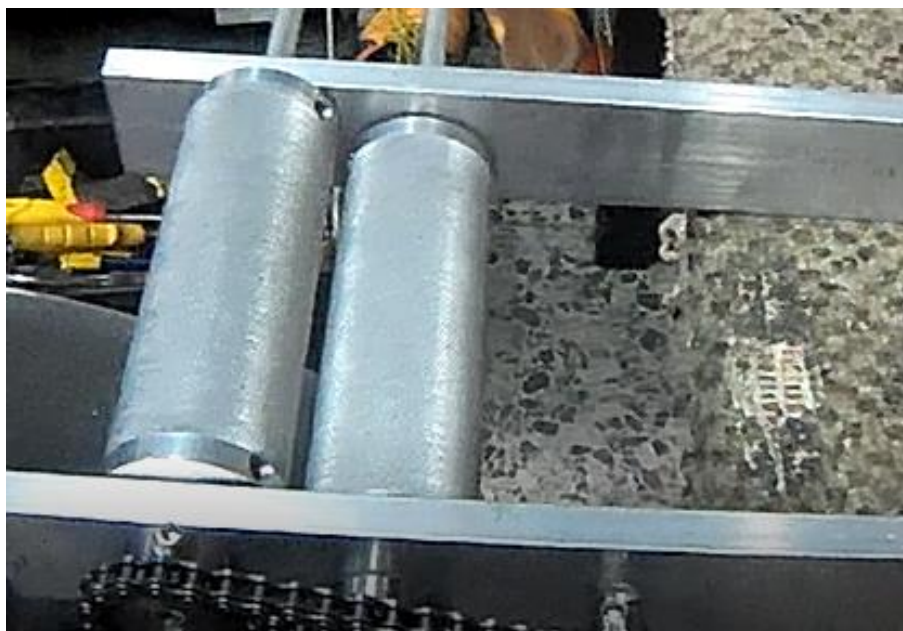


Registro fotográfico personal

Prueba del sistema de rodillos

Uno de los puntos neurálgicos del prototipo se encuentra en los rodillos, ya que estos son los encargados de comprimir la vaina arveja e impiden que se filtren los granos con los desechos orgánicos. Sin embargo, antes de conseguir que trabajaran adecuadamente se observó en el prototipo anterior que los rodillos macizos de madera con una luz de 1 o 2 mm funciono mejor con el cubrimiento polimérico. Inicialmente se usaron los rodillos 1½ con moleteado, pero el agarre superó la expectativa, porque dañaba gran parte del grano, así que fue vital buscar un material para solucionar el problema.

Imagen 45. Prueba de funcionamiento del sistema mecánico y rodillos



Registro fotográfico personal

Sin embargo, el precedente del prototipo anterior sugirió cubrir los rodillos con un polímero que balanceara el agarre y la dureza del material. Dicho material tiene la propiedad de contraerse lo suficiente como para abrazar el rodillo y no afectar la distancia calibrada entre los rodillos, de cerca de 3 mm iniciales a casi 2 mm, mejoró notablemente los resultados.

Imagen 46. Rodillos revestidos

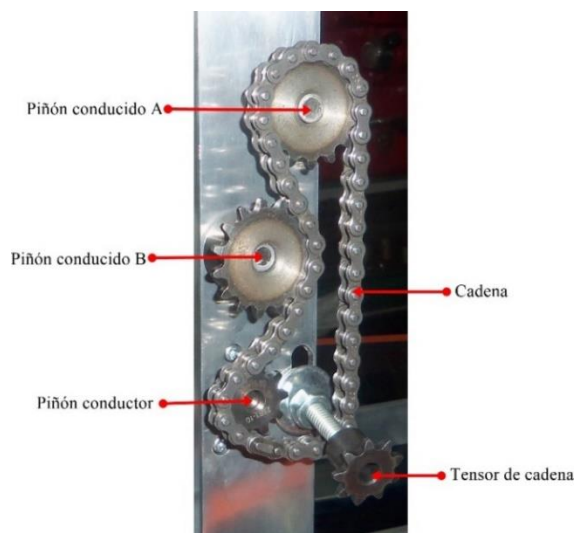


Registro fotográfico personal

Prueba del sistema de transmisión

Este mecanismo piñón-cadena de transmisión simple, similar al sistema de poleas-correas con la diferencia que puede transmitir fuerzas de gran magnitud. El engranaje preciso de los dientes dentro de los eslabones impide que se resbale el mecanismo en vista de la necesidad de alto torque. Se usa normalmente en sistemas que requieren velocidades bajas y medias para la transmisión de grandes potencias. El paso de la cadena es 25 y los piñones de 15,10 y 9 dientes respectivamente. Las prestaciones que hubo con este sistema de transmisión y por sus dimensiones sincronizan con el tamaño del prototipo y es uno de los sistemas con este mecanismo de menores dimensiones que se pueda encontrar hasta el momento. En las pruebas realizadas manualmente se le aplicó un esfuerzo de gran magnitud y no presenta inconveniente alguno en su funcionamiento.

Imagen 47. *Nomenclatura de los componentes mecánicos*



Registro fotográfico personal

Prueba del circuito electrónico y el motor

El diseño del circuito electrónico sincronizó con el motorreductor sin ninguna novedad, previamente se había suministrado las especificaciones del prototipo, circuito y del motor en relación a su sistema de control para fabricarlo correctamente. Es importante señalar que la potencia que ofrece el motor en bajas revoluciones se debe a la operación del circuito ya que se diseñó para soportar el amperaje requerido y proteger el sistema electrónico con un fusible en caso de una sobrecarga eléctrica.

Imagen 48. *Prueba del circuito electrónico*

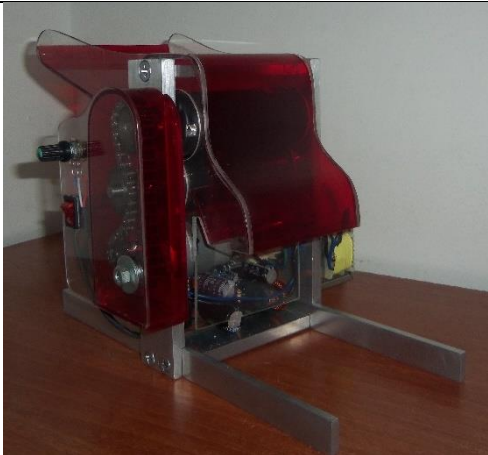


Registro fotográfico personal

Especificaciones del prototipo

En cuanto a la operatividad del prototipo cumplió con la expectativa, pues realizó adecuadamente su función, estructura y funcionamiento a nivel electrónico estable, respecto al motorreductor trabajó sin problemas al introducir una vaina por ciclo de desgranado. En la tabla 22 se muestran las principales especificaciones del prototipo:

Tabla 22. Especificaciones del prototipo

Especificación	
Componentes	Rodillos moleteados y revestidos, sistema mecánico piñón-cadena, carcasa plástica, sistema de control con botones y sistema de seguridad eléctrica
Dimensiones	30x20x15
Peso	± 4 kilos
Capacidad	± 1 lb x 8 minutos*
Alimentación	Monofásico 110 V a 12 V
Motor	Motorreductor 12 V a 1 mA
Modelo	V. 1
Costo de fabricación	± \$800.000 COP

Elaboración propia a partir de datos suministrados por las pruebas del prototipo

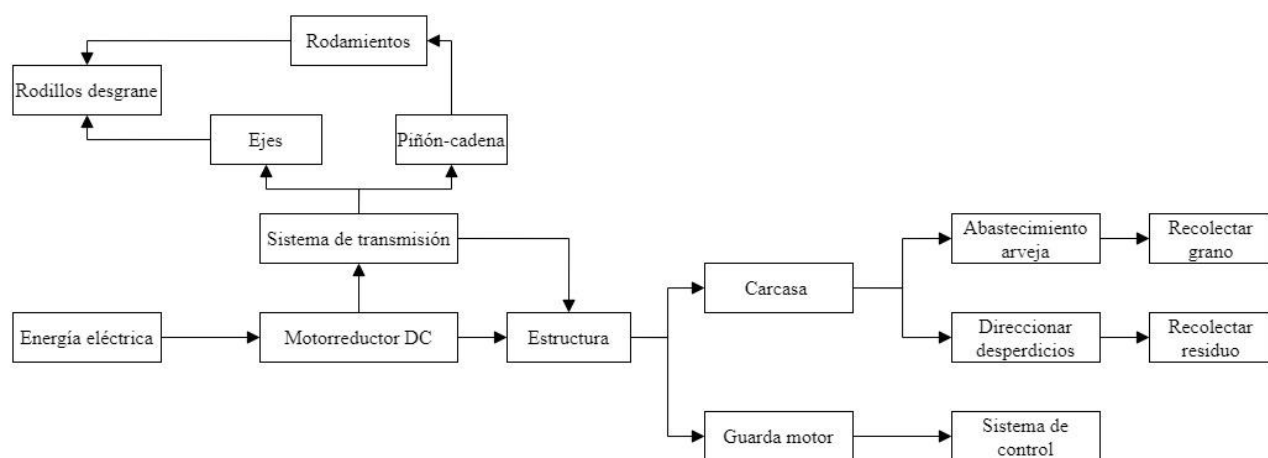
* ± 8 segundos (0,13 min) por vaina

Una vaina pesa en promedio 8 gramos

$$\frac{500 \text{ gr}}{8 \text{ gr}} = 62.5 \text{ vainas}$$

$$62.5 \times 0.13 = 8.3 \text{ minutos}$$

Por ultimo, se muestra el esquema operativo del prototipo a partir de sus principales componentes estructurales, mecánicos, electrónicos y de control:

Esquema 18. *Diagrama de operación del prototipo*

Elaboración propia basada en el prototipo desarrollado

ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

Alcances

- Con el apoyo de información obtenida en el contexto del problema, soportes teóricos y procesadores informáticos es posible concebir el diseño y desarrollo del prototipo desde el proceso de diseño, la modelación conceptual como bocetos, 3D, desde lo visual como las maquetas, croquis, representaciones con materiales accesibles y desde lo práctico a partir de la elaboración de un modelo con materiales formales o aproximados al prototipo para observar anticipadamente el funcionamiento de los elementos mecánicos encargados de procesar la vaina de arveja. La elaboración de dichos elementos se orienta en la reducción de los costos de fabricación al detectar anticipadamente algunas variables desconocidas o problemas secundarios antes de materializar el concepto de diseño seleccionado en un prototipo desgranador de arveja.
- Es factible, el diseño de un prototipo capaz de desgranar arveja con base en la tecnología existente, metodología de diseño y materiales de bajo costo, obteniendo resultados comparables con alternativas comerciales existentes en la región o el extranjero.
- Comprender las propiedades y características físicas de la arveja con base en las fuentes de información disponibles, particularmente con la observación controlada al someterla a esfuerzos con elementos mecánicos que permitan determinar el grado de conservación de sus propiedades y la calidad del producto bajo un proceso mecánico.
- Transformar los niveles operativos y ergonómicos de la técnica manual por medio del análisis de actividad y la introducción de una opción tecnológica, el prototipo desgranador de arveja.
- Materializar el prototipo de bajo costo concebido en el proceso de diseño que permita solucionar el problema principal mencionado al principio del trabajo.

- Este trabajo podría sentar las bases de un antecedente teórico y práctico en un eventual proceso de diseño y fabricación en serie de una Máquina Desgranadora de Arveja asequible y orientada a las necesidades productivas a pequeña escala, sin menoscabo de su funcionalidad y a bajo costo respecto a las máquinas existentes en el mercado industrial.

Limitaciones

- Si bien es claro que el contexto de un mercado local inspiró el proyecto, algunas de sus condiciones de una u otra forma delimitaron la caracterización del problema y por extensión, la naturaleza de la solución. Sin embargo la construcción de esta propuesta y las estrategias adoptadas no involucran una eventual implementación del prototipo en el mercado referido o cualquier otro mercado local del país o de la ciudad, sin un estudio a profundidad de las condiciones de un determinado contexto y sin la debida adecuación del prototipo no es posible implementarlo bajo las circunstancias particulares de cada establecimiento, por lo tanto el trabajo no se extendió más allá de la cobertura del mercado visitado o algunas tiendas de legumbres ubicadas en sus alrededores como fuentes de información directa en torno al desgranado de arveja, la situación problema detectada en dicha actividad y el proceso de diseño que orientaron en términos de generalidades el desarrollo de la presente propuesta.
- Este trabajo no abarca la comprobación de los métodos de diseño, la evaluación de las estrategias adoptadas en el contexto del problema propuesto o desarrollo constructivo, pues su esencia está dada en los términos prácticos del proceso de diseño de un producto sobre el cual no se encuentran muchas evidencias en el país y en cuanto a su fabricación hace referencia a los procesos de maquinado de materiales, ensamble de piezas constitutivas, ajustes de sistema mecánico y electrónico bajo la premisa de adoptar el bajo costo en su

construcción, de los cuales, se debe mencionar que tampoco se disponía información relevante.

- No se analiza y/o compara el mercado de máquinas o prototipos que desgranen arveja con las presentes en otros países, pues la información disponible se limita a maquinaria costosa involucrada en procesos agroindustriales y producción mayorista, los datos de sus especificaciones no son detallados, así que únicamente se tuvieron en cuenta las especificaciones de productos de bajo costo o que puedan adecuarse a la producción de un mercado local, entonces, en lo que respecta al proceso de diseño y desarrollo fue menester plantearse bajo influencia de algunos antecedentes, patentes y proyectos académicos sobre los cuales se dedujeron las funciones tales como procesar la vaina, recolectar el grano, separar desperdicios aplicados en los componentes contruidos para cumplir con dichas funciones en el prototipo.

CONCLUSIONES

A continuación, se presenta un conjunto de reflexiones a modo de conclusiones que constituyen la parte final del presente informe:

Del proceso de diseño:

- En principio, la carencia de documentación específica sobre referencias comerciales y académicas, respecto al análisis y la acotación de la situación problema planteada, como del diseño y las especificaciones de producto impusieron límites subsecuentes a una visión más profunda en la identificación del problema. A partir de esta dificultad se hizo compleja la concepción del prototipo, sin embargo, gracias a la orientación de los *métodos de diseño con marco de referencia lógico*¹⁶ estructurados sistemáticamente en un conjunto de pasos iterativos propuestos por Nigel Cross, con los cuales se identifica este trabajo, pues aportaron elementos para la puesta en marcha de la propuesta y como fuente invaluable en el análisis y formulación de los factores que originaron el problema central planteado inicialmente, simultáneamente permitió dilucidar las consecuencias de no hacer efectiva una intervención técnica viable.
- La metodología de diseño a nivel de diseño conceptual y físico, en calidad de guía general, desempeñó un papel fundamental en la solución del problema central a través de la exposición detallada de 7 métodos de diseño planteados por el autor (Nigel Cross) y aplicados en la resolución de un problema concreto caracterizado en las primeras etapas del trabajo, puesto que forman parte integral de la estructura metodológica del presente documento, al trazar estratégicamente la ruta seguida en el proceso de diseño del prototipo desgranador de arveja.

¹⁶ Cross, N. (2002). Métodos de diseño. En Métodos de diseño: Estrategias para el desarrollo de producto (2 ed., pp. 43-57). Editorial Limusa. México

- El diseño de un prototipo que tiene como función desgranar arveja es novedosa en tanto que en el mercado colombiano son escasos los productos diseñados para cumplir esta función a escalas menores, en su gran mayoría son productos de importación con enfoque en el sector industrial agrícola, su adquisición supera en demasía las necesidades productivas al igual que los costes de adquisición por parte de los mercados locales, por lo tanto concebir un producto orientado a segmentos del mercado tan específicos y con menor capacidad de tecnificación, influyó determinantemente en la selección de un concepto de diseño con la premisa del bajo costo en el proceso de concepción y posterior desarrollo de la propuesta.

Del prototipo:

- La elección de los métodos de diseño no son producto del azar, sino que por el contrario a partir de una revisión documental de autores, métodos y metodologías de diseño, por efectos prácticos y delimitación del proyecto, una de la opciones que a consideración personal estaba en concordancia con el presente trabajo, era la propuesta de Nigel Cross y el conjunto sistematizado de métodos de diseño, los cuales demostraron ser una poderosa herramienta, pues no solo permitió ampliar el panorama del problema sino que también fungió como línea rectora en la definición de las características deseables y especificaciones de rendimiento del diseño como aspecto determinante en la construcción del prototipo.
- El proceso de diseño permitió establecer límites claros entre las características tales como dimensión, peso, capacidad, operación y las especificaciones de rendimiento como el sistema de alimentación, operación del sistema de transmisión, motor, etc., estas variables constituyeron un valioso aporte en la materialización del concepto de diseño, en tanto que se hizo una aproximación a la información suministrada por el contexto de los mercados locales

a partir de algunas encuestas, sistematización e inclusión como componentes fundamentales en las especificaciones y la posterior fabricación del prototipo.

- El desarrollo o construcción de un prototipo desgranador de arveja se inserta como antecedente no solo en el marco del diseño, sino también de lo constructivo desde el campo de los procesos de fabricación. Como se menciona anteriormente, en el mercado colombiano existen muy pocos productos que cumplan con la función conforme un mercado local, en contados casos se construyen en el país, generalmente en ejercicios académicos, empíricos o emprendimientos, mientras que los productos reconocidos a nivel comercial, la gran mayoría suelen tener origen foráneo y no se ajustan a los requerimientos locales.
- La sistematización de los costos de diseño, desarrollo, materiales y procesos de fabricación del prototipo a partir de la consulta de los precios de hora máquina, cotizaciones de materiales, facturas, etc., permite contrastar los gastos en que incurrió el proyecto, independientemente de la matriz simbólica de los costos totales, se ha obviado el valor de las asesorías ingenieriles, costos de mano de obra cualificada a nivel técnico, entre otros, específicamente en la matriz de otros gastos. Sin embargo, en la práctica se realizó la construcción del prototipo a partir de un presupuesto base de \$ 1.000.000 COP para cubrir gastos de materiales e insumos electrónicos, sistema mecánico y motriz, viáticos y otros gastos que se deducen en cada uno de los procesos de manufactura.

Del ejercicio experimental:

- Los distintos elementos que componen el prototipo tuvieron un comportamiento estable, a nivel estructural el esqueleto del prototipo evidenció la resistencia necesaria para soportar las cargas y esfuerzos al que se va a someter, el sistema mecánico funcionó adecuadamente, en parte porque se había fabricado un modelo práctico que permitió anticipar algunos problemas

de funcionamiento de los componentes mecánicos. El sistema de alimentación y electrónico trabajo compatiblemente, no dio signos de algún tipo de contacto eléctrico o corto circuito en su operación, el motor trabajo adecuadamente con el sistema de control, cabe señalar que estos elementos fueron definidos con base en el diagrama morfológico y la elección de un concepto de diseño. Se puede concluir que en términos funcionales fue acertado el proceso de diseño guiado por la metodología de diseño trabajada, pues cumplió con los objetivos propuestos y la función de desgranar arveja mediando una menor cantidad de operaciones en la actividad que en determinado grado sustituye el trabajo manual que se mencionó al principio como génesis del problema central.

- El sistema de control se caracteriza por su simpleza y facilidad de operación, puesto que no exige algún tipo de capacitación compleja para su operario, de igual forma la usabilidad del prototipo reduce las posibilidades que puedan desencadenar errores o accidentes en su operación, cumpliendo el propósito de maniobrabilidad segura y operación confiable. En cuanto a la limpieza de residuos que puedan quedar en los rodillos, se puede realizar de forma sencilla desde la parte inferior de la carcasa mediante una brocha humedecida con agua. Para realizar limpiezas profundas o el mantenimiento, debe hacerse por parte de una persona con algunos conocimientos técnicos, aunque sus partes no son complicadas de desmontar, si es importante señalar que este tipo de manipulaciones no son recomendadas por razones de seguridad.
- Permitió profundizar y experimentar en un campo a penas explorado en nuestro país, en otras palabras, desde el rubro del diseño y desarrollo de producto contiene algunos criterios básicos que guiaron los pasos del proceso, desarrollo y construcción de un prototipo abarcando aspectos de la metodología de diseño, recogiendo algunos datos del contexto y las

consideraciones necesarias para materializar esta propuesta, lo cual evidencia la interpretación de una situación problema, las proyecciones de la propuesta en términos de la resolución de un problema y su realización acorde con lo planteado en ella en calidad de solución tecnológica. Por lo tanto, puede hallarse en este trabajo un aporte referencial o ejemplo en la comprensión de los problemas inherentes a la tecnología, el diseño y desarrollo de productos, prototipos, maquinaria o herramienta capaz de potenciar el trabajo humano desde la cotidianidad y en contextos que no son ajenos a las condiciones estructurales de nuestro país, los mercados y las economías locales.

De la formación personal y profesional:

- Desde la formación personal y profesional en el programa de Licenciatura en Diseño Tecnológico se destacan algunos aspectos fundamentales, desde lo personal, exhorta mayor autonomía e independencia respecto a las nuevas responsabilidades que demanda la formación como futuros educadores en el ámbito de la educación en tecnología. No obstante, en el proceso educativo adelantado están inmersas las ideas y motivaciones individuales respecto a nuestras producciones académicas en el campo disciplinar, a su vez, es pertinente reflexionar el alcance de los trabajos académicos desde la experimentación de acuerdo al área disciplinaria relevante en nuestra formación personal y la vinculación con diversos aspectos de la sociedad como por ejemplo el conjunto de interrelaciones del momento histórico concreto presente en los modos de producción de los bienes materiales y la forma en que dichos aspectos condicionan el ambiente natural y artificial, este último, mediado por los objetos producidos por la humanidad a partir de las materias primas presentes en la naturaleza y su transformación por medio de técnicas o procesos en objetos con un determinado valor de uso requerido por las de actividades primordiales para la existencia de

cualquier grupo humano. Dentro de este orden de ideas, como futuros educadores socializaremos nuestra experiencia y conocimientos en el desarrollo de propuestas pedagógicas, de contenidos temáticos en la educación en tecnología y la importancia de los objetos tecnológicos como de bienes de uso de la sociedad para optimizar sus actividades, la relación entre la evolución histórica de los primeros objetos que acompañaron a la humanidad en su actividades de supervivencia hasta la actualidad, donde exaltamos la importancia del proceso de diseño desde la concepción hasta el desarrollo de objetos tecnológicos que resuelven las necesidades de la sociedad contemporánea, particularmente haciendo énfasis en la evolución histórica de nuestro país en los procesos de generación de ciencia y tecnología de forma independiente. En tal sentido, desde la formación profesional y la investigación, se propicia la confrontación con los problemas presentes en la sociedad a nivel organizativo, avance científico-tecnológico en sus modos de producción para la satisfacción de necesidades de la población, factores socioeconómicos, culturales a los cuales nuestra formación disciplinar y el quehacer docente desde la escuela se debe, en principio, como parte de la reflexión educativa que suscita la relación existente entre la realidad de nuestro país y la adopción de un enfoque integral e interdisciplinario en los planes de estudio orientados a la búsqueda de alternativas de enseñanza-aprendizaje para que los educandos en el futuro construyan minuciosamente la importancia de la resolución de los problemas nacionales o locales desde sus campos de acción en la escuela, la universidad o en su labor profesional.

- Construir una idea fundamentada del proceso de diseño y desarrollo de producto a partir de la experiencia personal, formación disciplinar y la producción académica, como por ejemplo el ejercicio planteado en el presente trabajo, permite postular en mayor o menor medida las

posibles relaciones entre objeto y tecnología, objeto y ambiente, objeto y cultura material (De Ponti, 2015) y los efectos que produce en la sociedad inmersa en una cultura vinculada con el avance científico y tecnológico como eje integrador e interdisciplinario del Diseño y la Tecnología. La anterior premisa encuentra en la escuela el epicentro de la reflexión crítica de los impactos sociales, la transformación del entorno con las debidas implicaciones éticas, medioambientales y los beneficios que podrían traducir la comprensión de los propósitos tanto de la ciencia y la tecnología en distintos aspectos de la vida humana, así como la incidencia en los temas de interés colectivo o la identificación de problemas en un contexto social y productivo específico bajo la connotación disciplinar adquirida en la formación académica, específicamente desde el diseño y el desarrollo de soluciones tecnológicas de manera crítica que permitan expandir el marco personal de cada estudiante y por antonomasia el marco teórico necesario para cumplir con dicha apuesta lo construimos en calidad de docentes desde nuestra formación en la tarea fundamental de brindar aportes en la construcción de apuestas pedagógicas, investigativas y de la creación de criterios educativos puestos al servicio de las prioridades de nuestro país y sus habitantes.

- El presente trabajo funge como insumo en el desarrollo de propuestas educativas estructuradas en el marco lógico de una metodología de diseño aplicada en la enseñanza-aprendizaje de la resolución de problemas de contexto y la apropiación de los conocimientos disciplinares referentes al Diseño Tecnológico. Las reflexiones que suscita la labor docente en la educación en tecnología y los insumos concebidos desde el diseño y la tecnología erigen como la principal herramienta en la toma de decisiones, formulación de estrategias o planes de acción en los proyectos académicos de los estudiantes y sus alcances, estrechamente relacionados con el dominio disciplinar, el conocimiento teórico-práctico, el

fomento del pensamiento crítico en la solución de problemas de contexto y las habilidades/técnicas que demanda el proceso de diseño y desarrollo de producto impartidas en el proceso educativo que por supuesto debe estar abierto a adoptar nuevas alternativas de formación interdisciplinarias por medio de la investigación como base fundamental de la generación de conocimiento desde la tecnología, el diseño y la pedagogía en el campo de la educación en tecnología.

Recomendaciones

- La aplicación de los métodos de diseño con marco de referencia lógico propuestos por Nigel Cross no se reduce a un grupo selecto de productos, sino que por el contrario su versatilidad le permitiría emplearse en el desarrollo de un sinnúmero de proyectos a nivel conceptual y físico que tienen como propósito resolver problemas o satisfacer necesidades de la sociedad y las que se derivan de sus actividades.
- Los resultados obtenidos con la metodología seleccionada dieron resultados positivos en este proyecto, sin embargo, en el campo de las metodologías de diseño existe una cantidad de enfoques y propuestas (como la metodología proyectual de Bruno Munari) que podría extenderse de acuerdo a la situación problema tratada en el presente trabajo a otras metodologías en trabajos posteriores.
- El presente trabajo tiene como elemento preponderante plantear una posible solución a un problema recientemente abordado en trabajos académicos, a partir de conceptos y acotaciones unipersonales en los procesos cognitivos presentes en el diseño y la identificación de la situación problema, pero la oportunidad de continuar analizando dicha situación abre las puertas a un abanico de posibilidades que permitirán proponer otras

soluciones a nivel de diseño de detalle o en su defecto evidenciar otros problemas que por alguna razón no se hayan logrado abarcar en el presente trabajo.

- Si bien el presente trabajo no se hizo en el sentido estricto de una implementación del producto desarrollado para el mercado local porque en principio no es explícito en los objetivos, en posteriores trabajos podrían emprenderse cambios en el proceso de diseño del prototipo, tales como selección de otros materiales, mecanismos, configuraciones estructurales, de control, automatización, marcos legales, manuales de usuario, etc., o bien incluir algunos elementos propositivos en la solución de la problemática y posteriormente aplicarlas formalmente al nuevo producto para el contexto fijado y estimar por medio de su implementación resultados más precisos de su efectividad operativa.

REFERENCIAS

- Aikele Jr, A. (1909). U.S. Patent No. 937,270. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Alajo Núñez, J. I. (2020). Máquina semiautomática desgranadora y dosificadora de arveja para el sector artesanal. Universidad Técnica del Norte, Ecuador. (Bachelor's thesis).
- Baquero, M. (2009). La tienda de líchigo, una metáfora del consumo. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Comunicación y Lenguaje, Maestría en Comunicación. Web site: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/comunicacion/tesis152.pdf>
- Best cooking pulses. *A Pea History... a timeline of key events in the Pea world*. Recuperado el 3 de mayo, 2020 de: <https://sites.google.com/site/roundgreenpeas/a-pea-history>
- Blanco R., M. E. (2015). Plan de Investigación: metodología para el diseño de máquinas adaptadas a comunidades en desarrollo. Universidad Politécnica de Cataluña, Programa de Doctorado en Sostenibilidad. Barcelona, España.
- Budynas, R. G. & Nisbett, J. K. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. 9° edición, McGraw-Hill Interamericana.
- Camargo C., D. F. & Ávila, E. R. (2014). Efectos del *Trichoderma* sp. sobre el crecimiento y desarrollo de la arveja (*Pisum sativum* L.). *Ciencia y Agricultura*, 11(1), 91-100.
- Coggins, J. W. (1929). U.S. Patent No. 1,704,427. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Contributing Writer. (2018) ¿Cuánto cobran los talleres de máquinas por sus servicios? Cuida tu dinero. Febrero 10 de 2020. Recuperado de: <https://www.cuidatudinero.com/13094039/cuanto-cobran-los-talleres-de-maquinas-por-sus-servicios>.

- Cross, N. (2002). Métodos de diseño: Estrategias para el desarrollo de producto. *Editorial Limusa. México.*
- De Bernardi, L. A. (2017). PERFIL DE LAS ARVEJAS (*Pisum sativum*). MAGYP, Argentina.
Disponible en:
https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/regionales/
- De Ponti, J. R. (2015). Tecnología, materialidad y diseño. *Revista Bold*, 2, 38-46.
- Escobar, Y. & Escobar, G. (2007). Maquina desgranadora de Arveja y Frijol. 8° Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. 23 al 25 de octubre. Último acceso: 3 de septiembre de 2018. Recuperado de: <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/14/14-04.pdf>
- Expo Import. Machine Pea sheller. Recuperado el 10 de octubre de 2019 de:
http://www.expoimport.com/wp/?product_cat=maquinaria
- FENALCE, F. (2010). El cultivo de la arveja, historia e importancia. *El Cerealista*, 32-34.
- Gay, A. (2006). Glosario de Cultura Tecnológica. Ed. Tec. Córdoba, Argentina.
- Gay, A. (2008). Tecnología y sociedad. *Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education*, 2(2), 47-50.
- Gay, A. (2016). Introducción a la ingeniería: la tecnología, el ingeniero y la cultura. 1° ed. Córdoba: editorial Brujas. Argentina. 246 p.
- Gómez, A. (s.f.). *¿Cómo elaborar una ficha de proceso?* Guía para documentar la norma ISO 9001:2015. Asesor de Calidad. Disponible en:
<http://asesordecalidad.blogspot.com/2019/01/como-elaborar-una-ficha-de-proceso-guia.html#.Xwt-sygza01>
- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 3437: Ruido emitido por maquinaria y equipo. Pautas para la preparación de códigos de ensayo de ingeniería que requieren mediciones

- de ruido en la posición del operador del espectador. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1992. (18 de noviembre de 1992).
- Krall, J.M., Miller S.D., Cecil J.T., Bastian C., Foulke T., Baltensperger D.D., Harveson, B.M., Burgener, P.A., Hergert, V, Hein, G.L., Lyon, D.J., Nleya, T., Rickertsen J. & Blodgett, S. (2006). Pea production in the High Plains. South Dakota State University Extension, Fact Sheet.
- Lloyd, P., Roozenburg, N. & van del Lugt, R. Design Methodology Group. (2004). [online] Available: www.io.tudelft.nl/dmg/aboutus.html. *Nigel Cross*.
- López, A. C. (1977). Máquinas: cálculos de taller. 23 ed. Madrid: edición hispanoamericana.
- Makasheva, R. K. (1983). The pea. United States Department of Agricultural and National Science Foundation, Washington D.C. (Kolos Publishers, Lenningrado 1973). (Translated from Russian).
- Máquinas GONZÁLEZ. Tortilladora Manual González TM-G. Recuperado el 15 de septiembre de 2019 de:
http://www.maquinasgonzalez.com/index.php?route=product/product&product_id=42
- Maquinaria e implementos Agrícolas y Servicios Complementarios. Trilladora para frijol. Recuperado el 7 de agosto de 2019 de:
<https://esla.facebook.com/MaquinariaEimplementosAgricultas/posts/1264983866936739/>
- Melo, J. L. (2009). Ergonomía práctica. *Buenos Aires, Argentina: Fundación Mapfre*.
- Ministerio de Educación Nacional, Colombia. (1996). *Educación en tecnología: propuesta para la educación básica, Programa de Educación en Tecnología para el siglo XXI*. PET 21. Bogotá, Serie Documentos de Trabajo. Ministerio de Educación Nacional.

Ministerio de Educación Nacional, Colombia. (2008). Orientaciones generales para la educación en tecnología. *Colombia: Espantapájaros Taller*.

Neuronup. (2012). Funciones cognitivas. Recuperado el 18 de noviembre de 2019 de:

<https://www.neuronup.com/es/areas/functions>

Nieto, C., López, R. & Galvis, O. (1985). Desmontaje de elementos de máquinas.

Metalmecánica. Ajuste y montaje de maquinaria. Elementos de máquinas. Editorial

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Disponible en:

<https://hdl.handle.net/11404/1631>

OIT, Programa de Actividades Sectoriales. (2010). Repertorio de recomendaciones prácticas sobre seguridad y salud en la agricultura. *Reunión de expertos para la adopción de un repertorio de recomendaciones prácticas sobre seguridad y salud en la agricultura (Ginebra, 25-29 de octubre de 2010)*.

Peñaranda, G. & Molina, D. (2011). La producción de arveja (*Pisum sativum*) en la vereda

Monteadentro, Provincia de Pamplona, Norte de Santander. *Face*, 7(11), 43-56.

Pérez Bolívar, R. F. (2014). Análisis de la toma de decisiones en el diseño de Ingeniería.

Prieto, G. M. (2012). Pautas para el manejo del cultivo de Arveja. INTA AER Arroyo Seco. [en

línea] <http://inta.gob.ar/documentos/pautas-para-el-manejo-del-cultivo-dearveja/>

[Verificación: enero de 2015].

Simoneau, S., St-Vincent, M. & Chicoine, D. (2008). Lesiones por movimientos

repetitivos. *Comprenderlas para prevenirlas. Canadá: Eves*.

Soto, G. M. (2009). *Hapticidad*. Recuperado el 20 de septiembre de 2019 de:

<https://es.slideshare.net/gusoto/hapticidad>

Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. (2009). *Diseño y desarrollo de productos: enfoque multidisciplinario*. McGraw-Hill Education (México).

Universidad Pedagógica Nacional. (s.f.). Licenciatura en Diseño Tecnológico. Ciencia y Tecnología. Disponible en:

<http://cienciaytecnologia.pedagogica.edu.co/vercontenido.php?idp=373&idh=379>

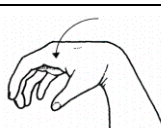
Villate, R. (1990). El método del árbol de causas (para analizar los accidentes de trabajo en vistas a su prevención). *Ed. Área de Estudios e Investigaciones Laborales de la SECYT, CEIL-CONICET, CREDALCNRS, Hvmánitas*.

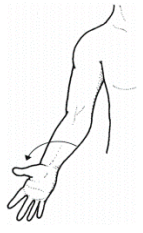
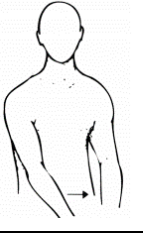
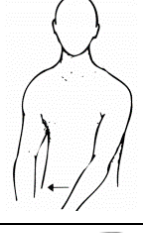
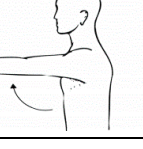
ANEXOS

Anexo 1. Descripción ergonómica de actividad

La presente matriz describe sucintamente los movimientos articulares del tren superior del cuerpo implicados en el desgranado manual de una vaina de arveja, corresponde a un ciclo corto de trabajo, parte desde el momento en que se visualiza la vaina hasta que se desecha el residuo.

Tabla 1. Anexo 1, análisis de actividad

Actividad	Tarea	Operación	Parte del cuerpo	Habilidad/Movimiento	Imagen
Desgranar arveja	Tomar la vaina	Ubicar la vaina	Ojos, vista	Atención	
				Concentración	
				Memoria	
		Extender MS	MS derecho	Flexión hombro der $\pm 70^\circ$	
				Pronación antebrazo der	
		Agarrar vaina	Mano derecha	Flexión muñeca $\pm 10^\circ$	
				Agarre mano der	
	Abrir la vaina	Agarrar vaina	Mano derecha	Flexión hombro der - 60°	

				Supinación antebrazo der	
				Aducción antebrazo der	
		Agarrar vaina	Mano izquierda	Flexión hombro izq $\pm 60^\circ$	
				Aducción antebrazo izq	
				Agarre mano izq	
		Agarrar vaina	Mano derecha	Agarre mano der	
				Presión con falanges	
				Destreza motriz	
	Desechar residuos	Ubicar recipiente	Ojos, vista	Atención	
				Concentración	
				Memoria	
		Extender MI	MS izquierdo	Flexión hombro izq $\pm 70^\circ$	

				Pronación antebrazo izq	
		Soltar residuo	Mano izquierda	Abrir mano	
				Fuerza-motriz	

Elaboración propia e imágenes tomadas de Fundación MAPFRE y M., José (2009), Simoneau et al. (2008), S., Gustavo (2009) y Neuronup.com (2012)

Anexo 2. Encuesta factores ergonómicos y desarrollo de producto

A. Modelo de encuesta para revisión de factores ergonómicos

La presente encuesta está orientada a personas que realizan el desgrane, particularmente en mercados locales para identificar algunos factores de riesgo ergonómico.

1. ¿Por cuánto tiempo realiza el desgrane de arveja?
 - a. Entre 1 hr y 2 hr
 - b. Entre 3 y 4 hr
 - c. Otra ¿Cuál?.....
2. ¿Cuántas libras de arveja desgrana por jornada?
 - a. Entre 1 lb y 5 lb
 - b. Entre 5 lb y 10 lb
 - c. Entre 10 lb y 15 lb
 - d. Otra ¿Cuál?.....
3. ¿Cuánto tiempo tarda en volver a repetir la misma operación?
 - a. De 1 a 2 días
 - b. De 3 a 5 días
 - c. De 8 a 15 días
 - d. Otra ¿Cuál?.....
4. ¿Considera que realiza algún tipo de esfuerzo?
 - a. Pesado
 - b. Moderado
 - c. Ligero
 - d. Otro ¿Cuál?.....

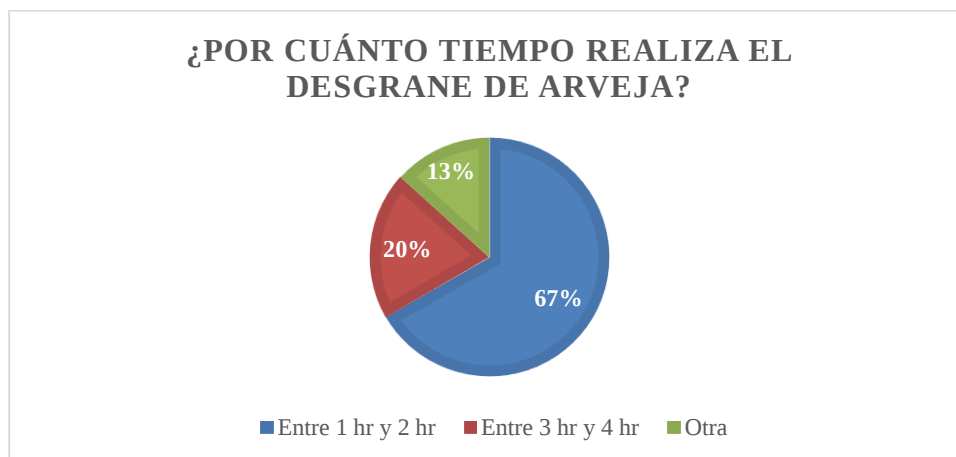
5. ¿Termina cansado después de realizar esta actividad?
 - a. Si
 - b. No
6. ¿Le genera molestia en alguna parte del cuerpo realizar por mucho tiempo esta actividad?
 - a. Si
 - b. No
7. ¿Ha llegado a presentar dolor en algunas de estas partes después de realizar esta actividad?
 - a. Manos
 - b. Brazos
 - c. Cuello
 - d. Espalda
 - e. Otro ¿Cuál?.....
8. ¿Considera necesaria una máquina para ayudar en esta operación?
 - a. Si
 - b. No

Interpretación de resultados

En la presente interpretación se mostrarán los resultados de las preguntas relacionados con ergonomía y el desgranado manual de arveja, con el fin de entender qué molestias corporales podría llegar a presentar y cuáles podrían ser las especificaciones de diseño de un medio técnico que modifique esta situación.

Pregunta 1. ¿Por cuánto tiempo realiza el desgrane de arveja?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Entre 1 hr y 2 hr	10	67%
Entre 3 hr y 4 hr	3	20%
Otra	2	13%
Total	15	100%

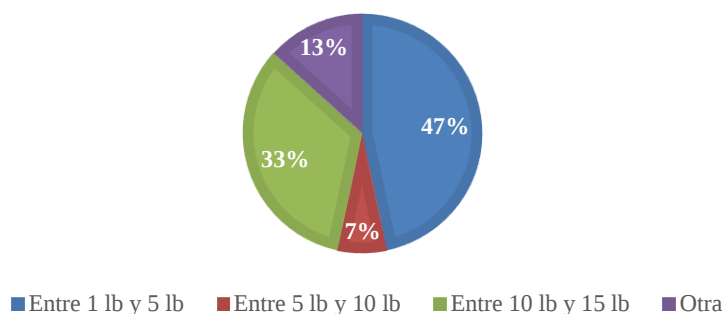


Interpretación: la mayoría de personas que desgranar arveja expresa que realiza esta actividad entre 1 hora y 2 horas, puesto que deben cumplir con otras actividades.

Pregunta 2. ¿Cuántas libras de arveja desgrana por jornada?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Entre 1 lb y 5 lb	7	47%
Entre 5 lb y 10 lb	1	7%
Entre 10 lb y 15 lb	5	33%
Otra	2	13%
Total	15	100%

¿CUÁNTAS LIBRAS DE ARVEJA DESGRANA POR JORNADA?

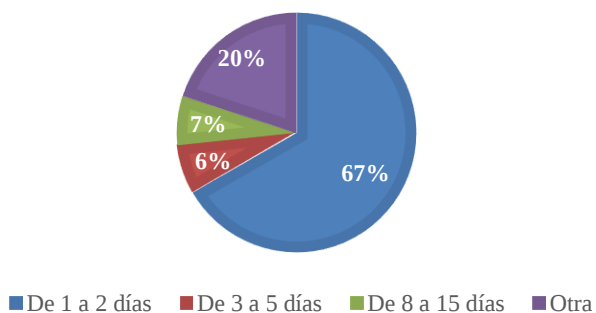


Interpretación: un porcentaje mayoritario desgrana menos de 5 libras diarias, en cambio un porcentaje importante, al tener una gran demanda de producto desgranado, deben garantizar que esté disponible el producto.

Pregunta 3. ¿Cuánto tiempo tarda en volver a repetir la misma operación?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
De 1 a 2 días	10	67%
De 3 a 5 días	1	7%
De 8 a 15 días	1	7%
Otra	3	20%
Total	15	100%

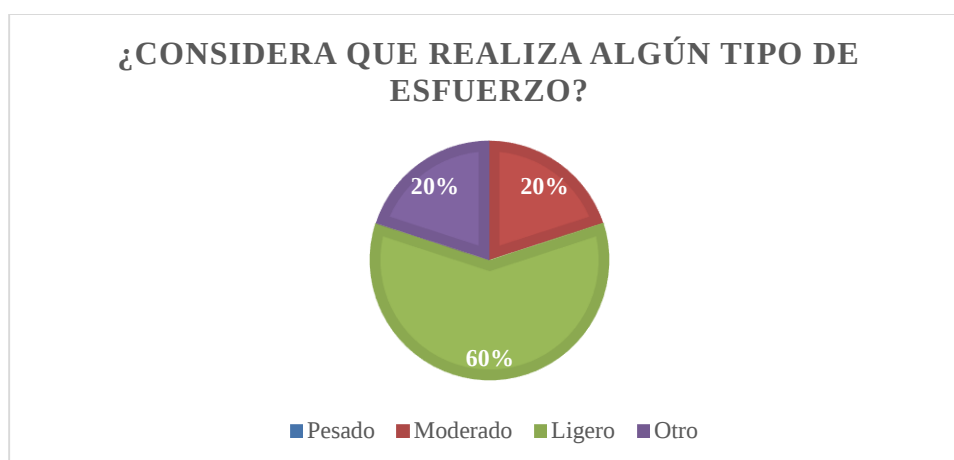
¿CUÁNTO TIEMPO TARDA EN VOLVER A REPETIR LA MISMA OPERACIÓN?



Interpretación: la mayoría le dedica tiempo a diario o en sus tiempos libres, cuando no tienen mayores actividades por hacer.

Pregunta 4. ¿Considera que realiza algún tipo de esfuerzo?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Pesado		
Moderado	3	20%
Ligero	9	60%
Otro	3	20%
Total	15	100%

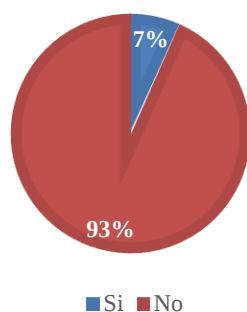


Interpretación: la mayoría sostiene que no es un trabajo pesado, no requiere mayor esfuerzo por parte de las personas que la realizan.

Pregunta 5. ¿Termina cansado después de realizar esta actividad?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Si	1	7%
No	14	93%
Total	15	100%

**¿TERMINA CANSADO DESPUÉS DE REALIZAR
ESTA ACTIVIDAD?**

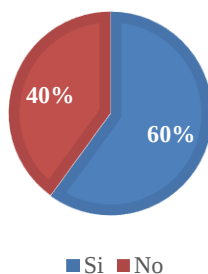


Interpretación: al considerarse un trabajo ligero que no requiere mayor esfuerzo, sostienen que no terminan cansados después de desgranar arveja.

Pregunta 6. ¿Le genera molestia en alguna parte del cuerpo realizar por mucho tiempo esta actividad?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Si	9	60%
No	6	40%
Total	15	100%

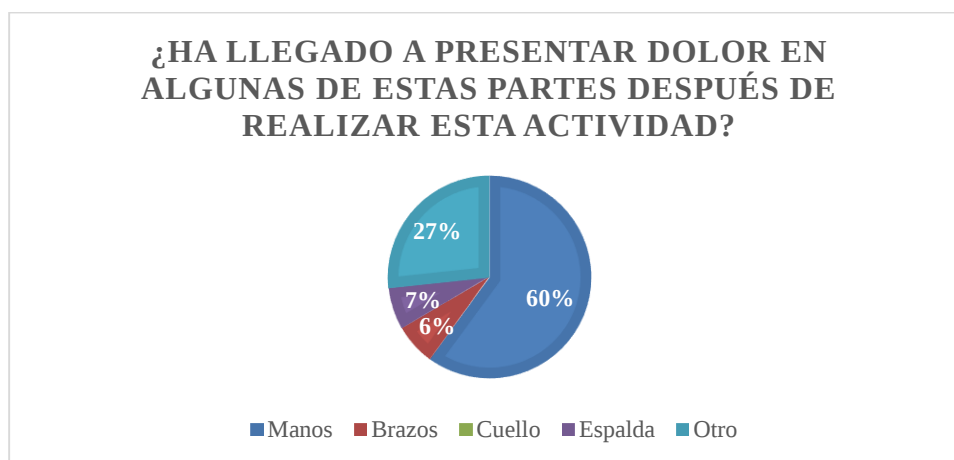
**¿LE GENERA MOLESTIA EN ALGUNA PARTE
DEL CUERPO REALIZAR POR MUCHO
TIEMPO ESTA ACTIVIDAD?**



Interpretación: menos de la mitad afirma haber tenido algunas molestias después de realizar esta actividad, sin embargo, en su mayoría es considerarlo una actividad que no necesita mayor esfuerzo al afirmar no haber presentado dolencias.

Pregunta 7. ¿Ha llegado a presentar dolor en algunas de estas partes después de realizar esta actividad?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Manos	9	60%
Brazos	1	7%
Cuello		0%
Espalda	1	7%
Otro	4	27%
Total	15	100%



Interpretación: la mayoría de encuestados afirma haber tenido alguna vez dolores en las manos y las falanges cuando hacían esta actividad por mucho tiempo.

Pregunta 8. ¿Considera necesaria una máquina para ayudar en esta operación?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Si	9	60%
No	6	40%
Total	15	100%



Interpretación: la mayoría afirma que es necesaria una máquina para desgranar arveja ya que mejorarían los resultados, evitando tener que contratar más personal de lo esperado, mejorar el rendimiento y evita causarle molestias físicas a algún trabajador.

B. Modelo de encuesta para desarrollo de producto

La presente encuesta está orientada a mercados locales para conocer las condiciones en que se realiza el desgrane de arveja.

1) ¿Cuál considera que es el nivel de demanda de la arveja en este mercado?

- a. Alto
- b. Medio
- c. Bajo

2) ¿En dónde adquiere el producto?

- a. Centrales mayoristas
- b. Producción propia
- c. Compra por lotes en plantas de producción
- d. Otra ¿Cuál?.....

3) ¿Cómo suele venir el producto?

- a. Con la vaina
 - b. Sin la vaina
 - c. Otro ¿Cuál?
- 4) ¿Cuál presentación tiene mejor posibilidad de venta y su precio por libra?
- a. Con la vaina \$×lb.....
 - b. Sin la vaina \$×lb.....
- 5) ¿Conoce un medio técnico o método para desgranar arveja?
- a. Si ¿Cuál?.....
 - b. No
- 6) ¿Ud. Consideraría adquirir una máquina desgranadora de arveja?
- a. Si
 - b. No
- 7) ¿Cuáles atributos considera que debería tener una máquina desgranadora de arveja al momento de adquirirla?
- a. Tamaño
 - b. Capacidad
 - c. Precio
 - d. Operación
 - e. Otra ¿Cuál?
- 8) Con base en la venta diaria. ¿Cuál es la capacidad que debería tener la máquina acorde con la demanda del producto?
- a. Entre 1 lb y 5 lb
 - b. Entre 5 lb y 10 lb

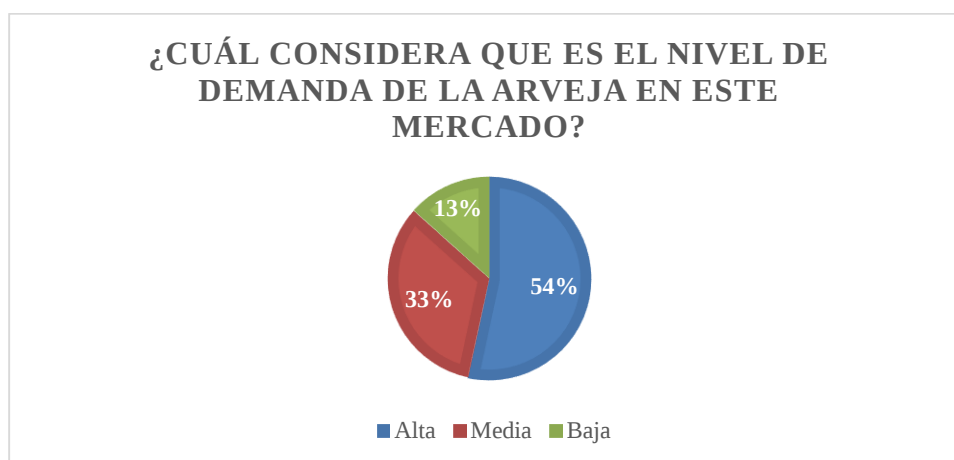
- c. Entre 10 lb y 15 lb
- d. Otra ¿Cuál?.....

Interpretación de resultados

Resultados de las personas encuestadas dedicadas a la comercialización de la arveja.

Pregunta 1. ¿Cuál considera que es el nivel de demanda de la arveja en este mercado?

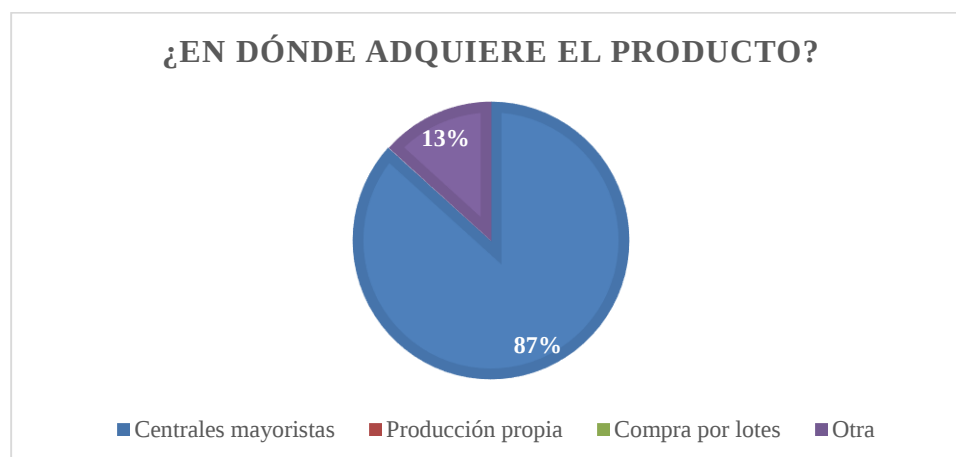
Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Alta	8	54%
Media	5	33%
Baja	2	13%
Total	15	100%



Interpretación: la demanda del producto es alta, porque el consumo de arveja es frecuente en los hogares y restaurantes.

Pregunta 2. ¿En dónde adquiere el producto?

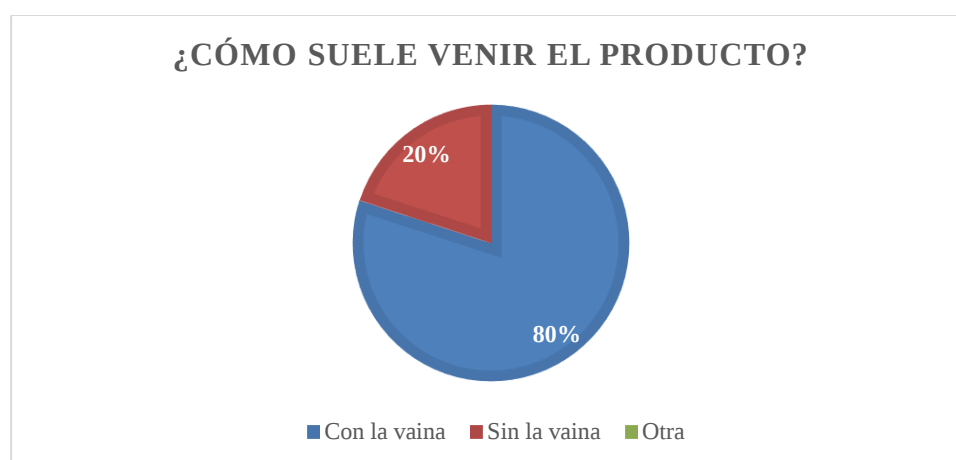
Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Centrales mayoristas	13	87%
Producción propia		
Compra por lotes		
Otra	2	13%
Total	15	100%



Interpretación: las centrales mayoristas son las que venden el producto, sin embargo, hay casos donde algunos mercados medianos funcionan como centros de acopio.

Pregunta 3. ¿Cómo suele venir el producto?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Con la vaina	12	80%
Sin la vaina	3	20%
Otra		
Total	15	100%



Interpretación: la mayoría de los mercados locales adquieren la arveja con vaina, generalmente por bultos puesto que resulta más económico adquirirla en esa presentación.

Pregunta 4. ¿Cuál presentación tiene mejor posibilidad de venta y su precio por libra?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Con la vaina	7	47%
Sin la vaina	8	53%
Total	15	100%

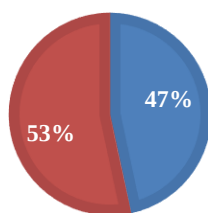


Interpretación: aunque los comerciantes afirmaban que la gente gusta más de la arveja desgranada para ahorrarse ese trabajo, mucho otros optan por comprarla con vaina puesto que resulta más económico.

Pregunta 5. ¿Conoce un medio técnico o método para desgranar arveja?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Si	7	47%
No	8	53%
Total	15	100%

¿CONOCE UN MEDIO TÉCNICO O MÉTODO PARA DESGRANAR ARVEJA?



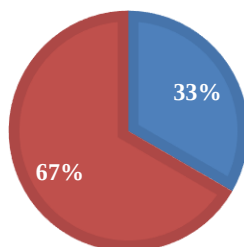
■ Si ■ No

Interpretación: más de la mitad de los encuestados afirma haber visto máquinas con la capacidad de desgranar arveja, por lo general en las centrales mayoristas, sin embargo, algunos manifestaban que se dañaba mucho el producto al desgranar con dichos dispositivos.

Pregunta 6. ¿Ud. Consideraría adquirir una máquina desgranadora de arveja?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Si	5	33%
No	10	67%
Total	15	100%

¿UD. CONSIDERARÍA ADQUIRIR UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE ARVEJA?



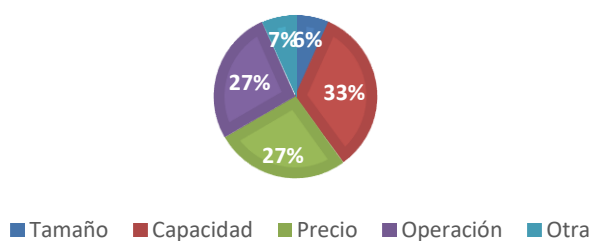
■ Si ■ No

Interpretación: la mayoría de los encuestados sostiene que no comprarían una máquina con esa capacidad ya que podría ser muy alto su precio o no se adecua a sus necesidades.

Pregunta 7. ¿Cuáles atributos considera que debería tener una máquina desgranadora de arveja al momento de adquirirla?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Tamaño	1	6%
Capacidad	5	33%
Precio	4	27%
Operación	4	27%
Otra	1	7%
Total	15	100%

¿CUÁLES ATRIBUTOS CONSIDERA QUE DEBERÍA TENER UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE ARVEJA AL MOMENTO DE ADQUIRIRLA?

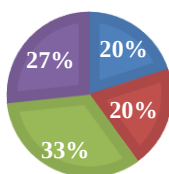


Interpretación: teniendo en cuenta las necesidades de producción o venta del producto, para muchos de ellos lo más importante es la capacidad ya que en muchos casos la demanda del producto desgranado superar la oferta, en cambio para otros el precio y la operación son lo más importantes, puesto que una máquina con esta función debería tener un bajo costo y ser fácil de utilizar.

Pregunta 8. Con base en la venta diaria. ¿Cuál es la capacidad que debería tener la máquina acorde con la demanda del producto?

Posibilidades	Encuestados	Porcentaje
Entre 1 lb y 5 lb	3	20%
Entre 5 lb y 10 lb	3	20%
Entre 10 lb y 15 lb	5	33%
Otra	4	27%
Total	15	100%

CON BASE EN LA VENTA DIARIA. ¿CUÁL ES LA CAPACIDAD QUE DEBERÍA TENER LA MÁQUINA ACORDE CON LA DEMANDA DEL PRODUCTO?



■ Entre 1 lb y 5 lb ■ Entre 5 lb y 10 lb ■ Entre 10 lb y 15 lb ■ Otra

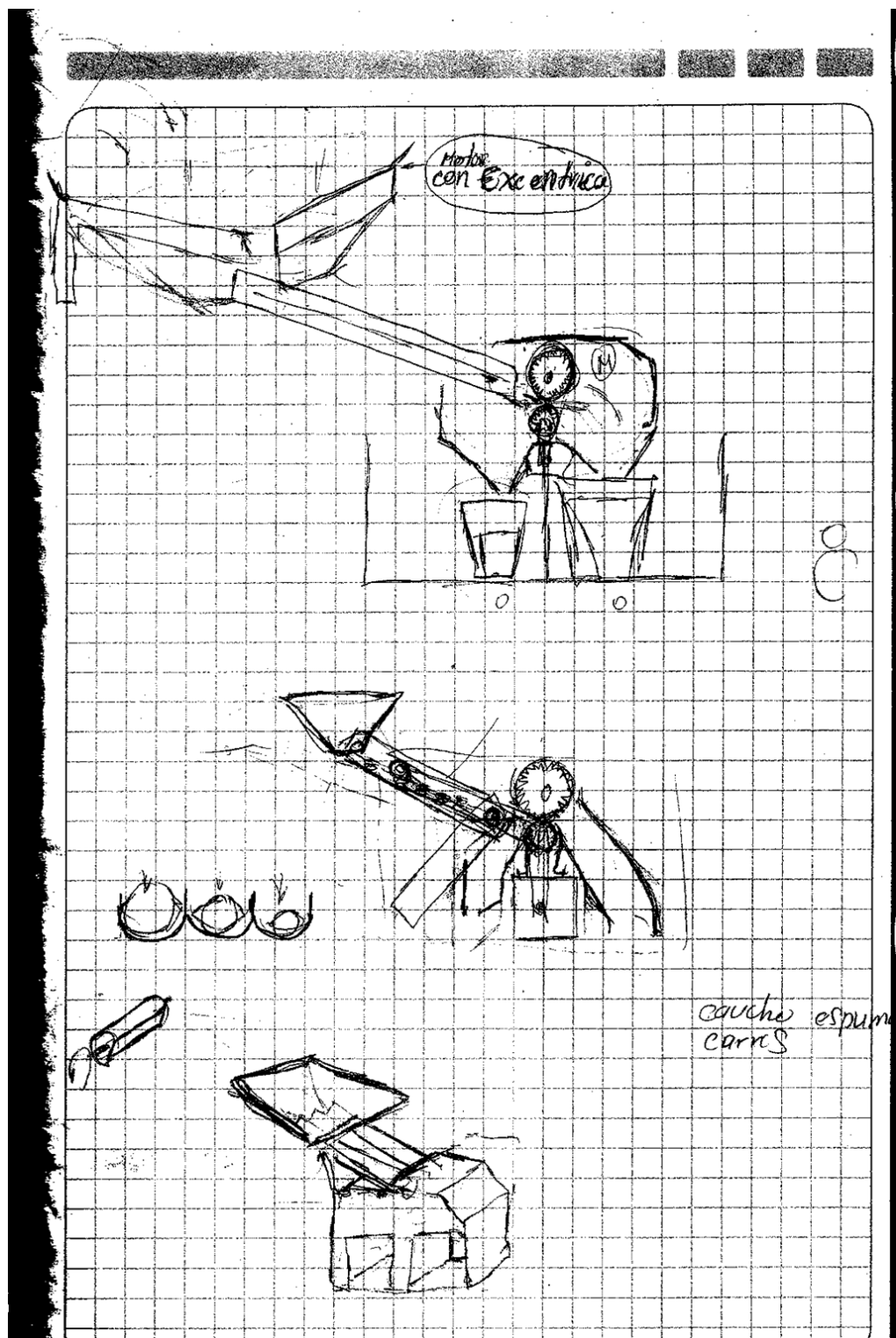
Interpretación: una cuarta parte de los encuestados manifiesta que según el comercio diario y la cantidad de arveja desgranada su capacidad debe ser superior a las 10 libras, el porcentaje restante sostiene que su capacidad está por debajo de las 10 libras.

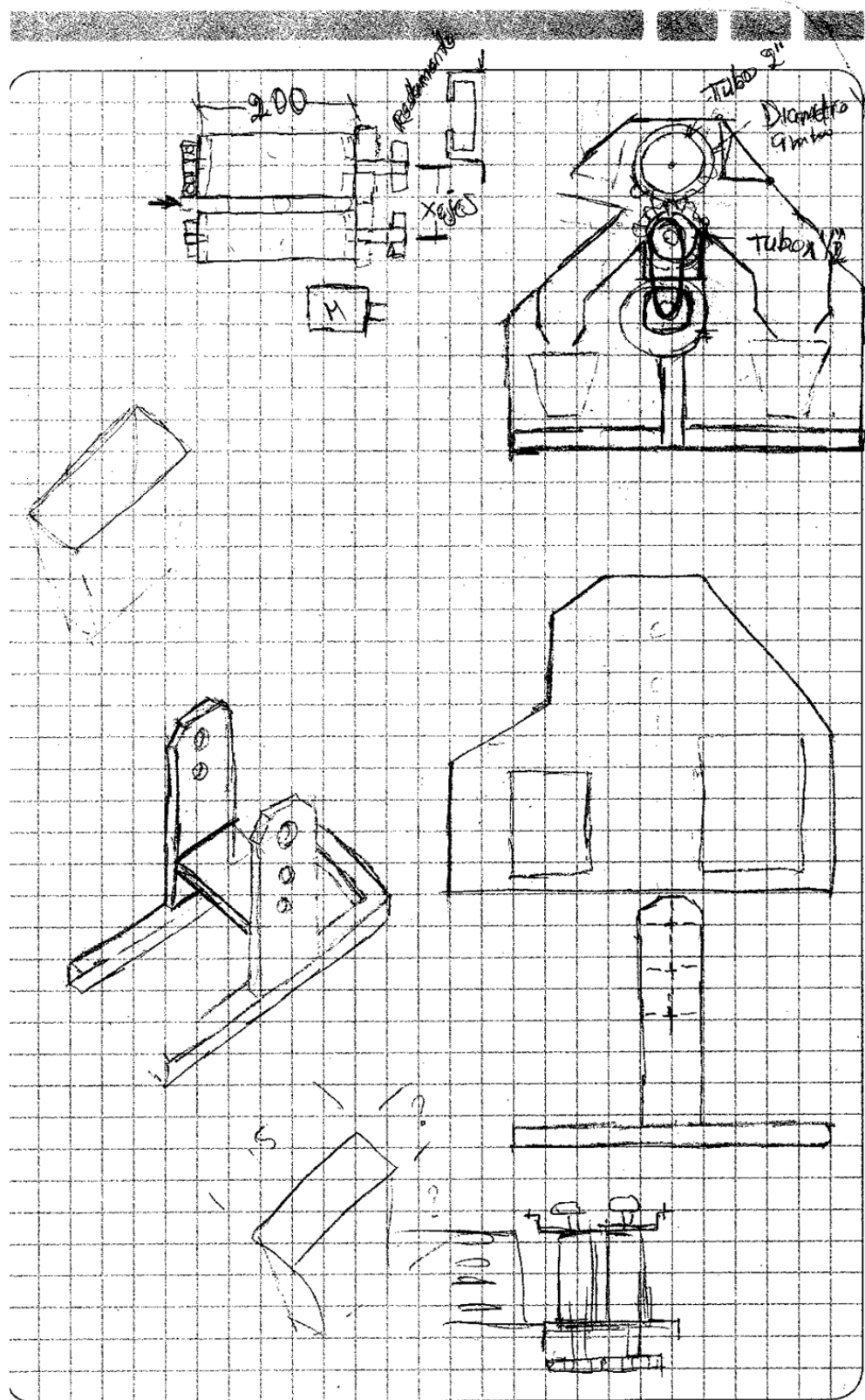
Modelo de respuestas a encuestas

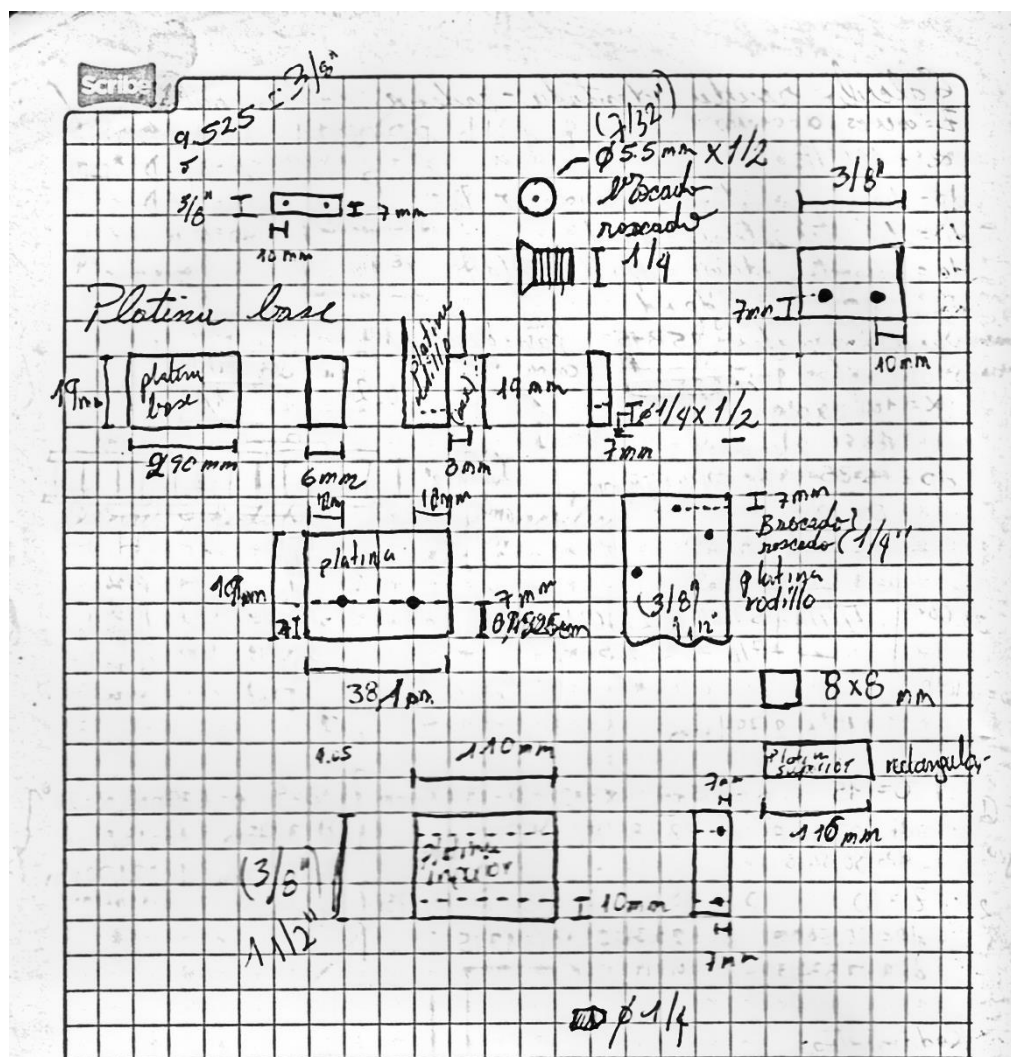
ENCUESTA	RESPUESTAS DESGRANAR ARVEJA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2								

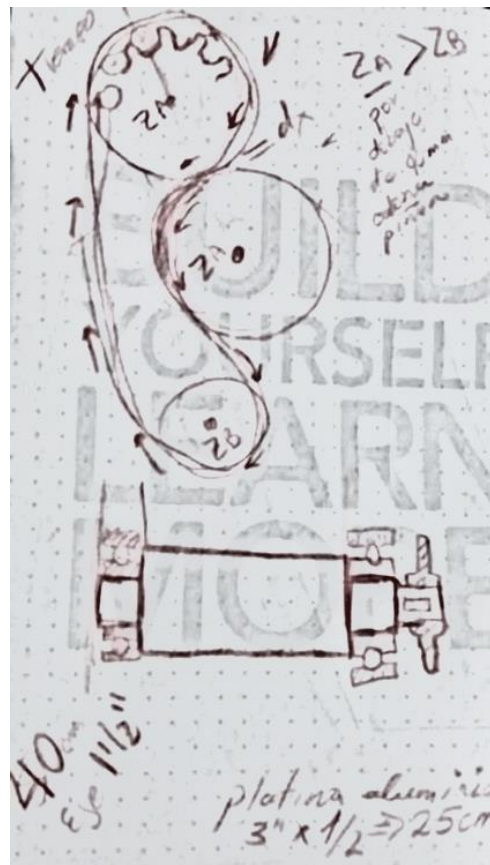
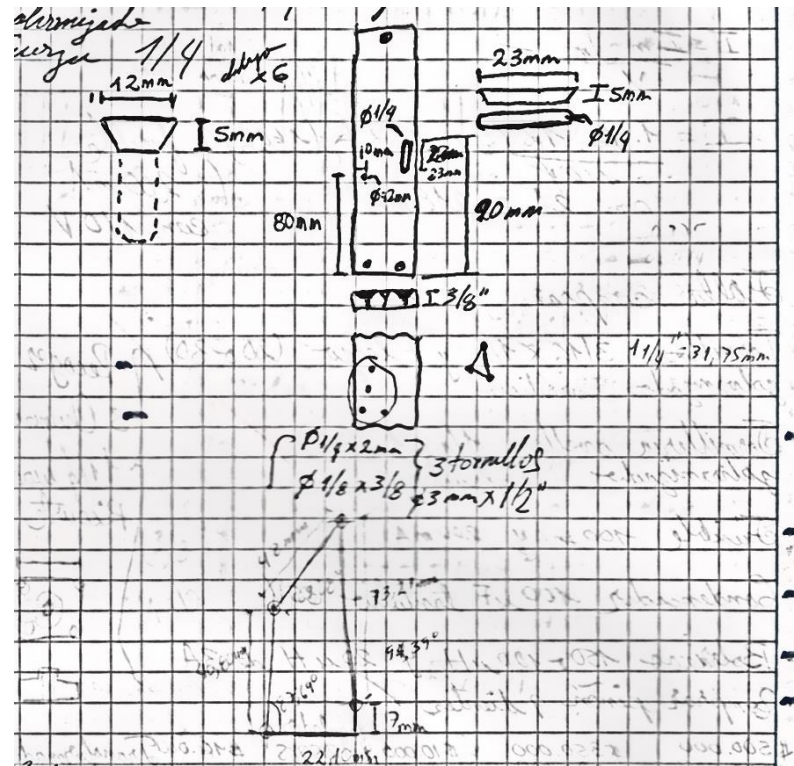
ENCUESTA	RESPUESTAS ERGONOMÍA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2								

Anexo 3. Primeros bocetos de los modelos

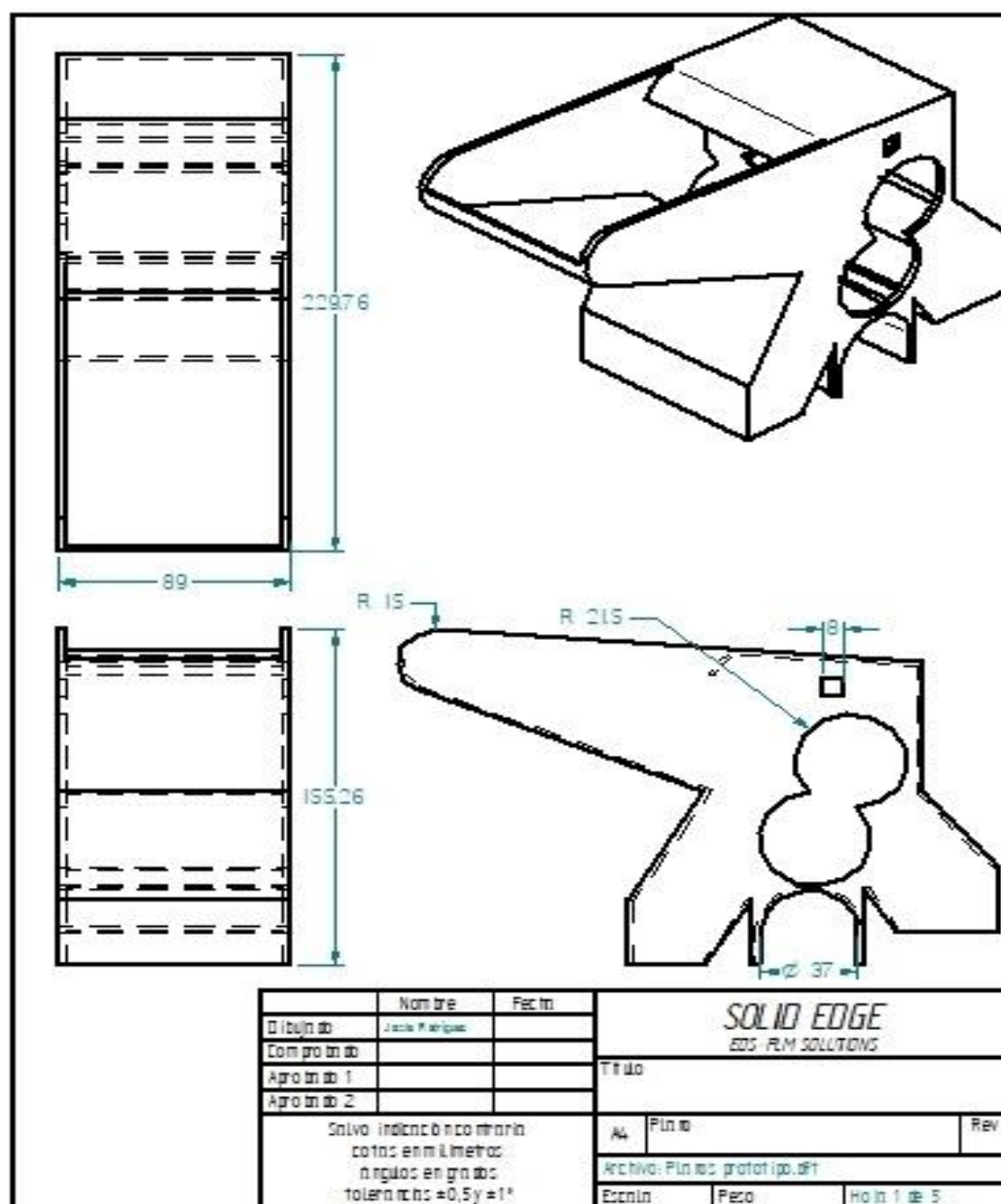


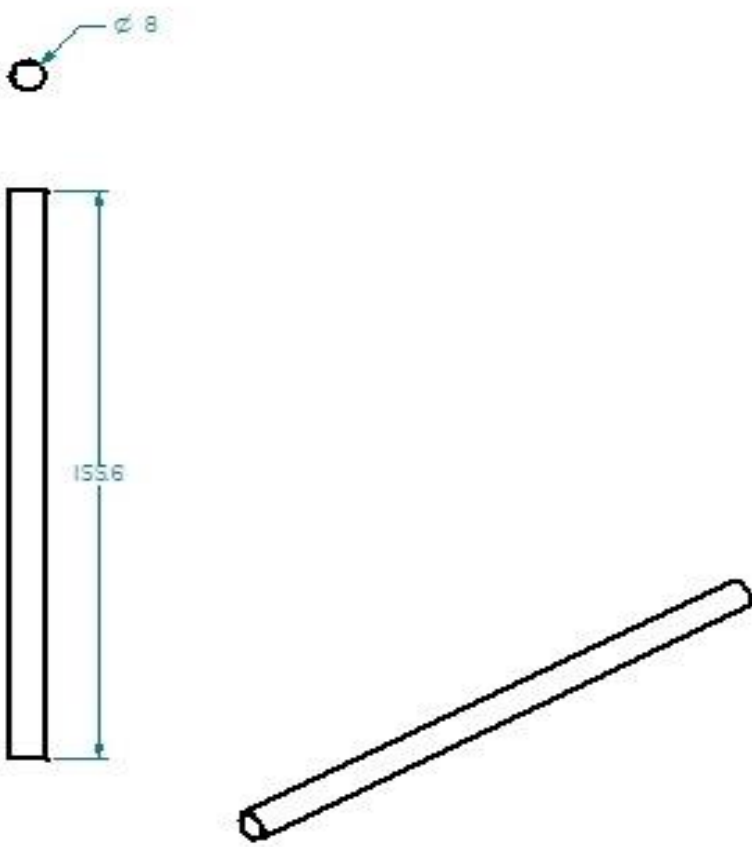




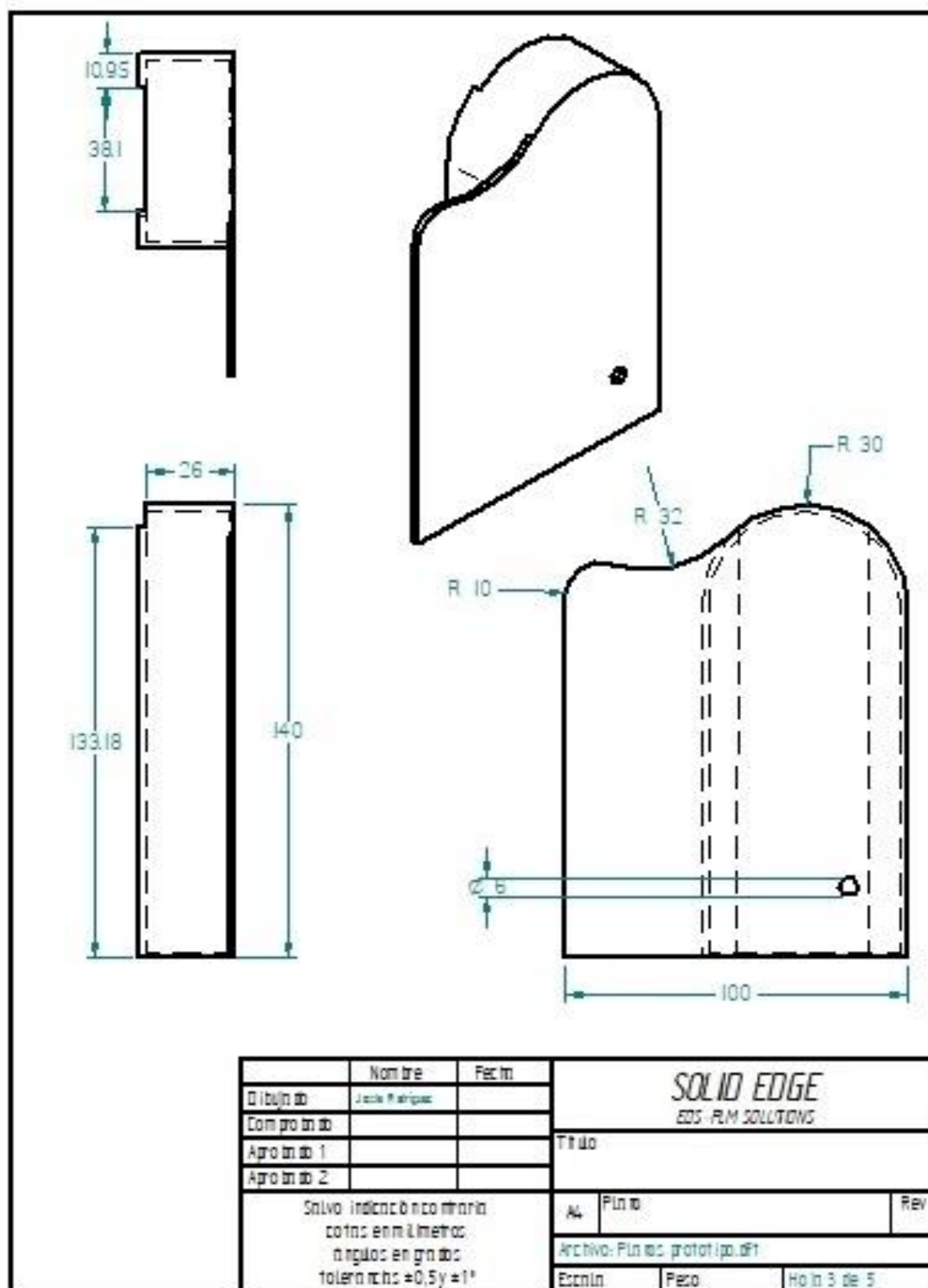


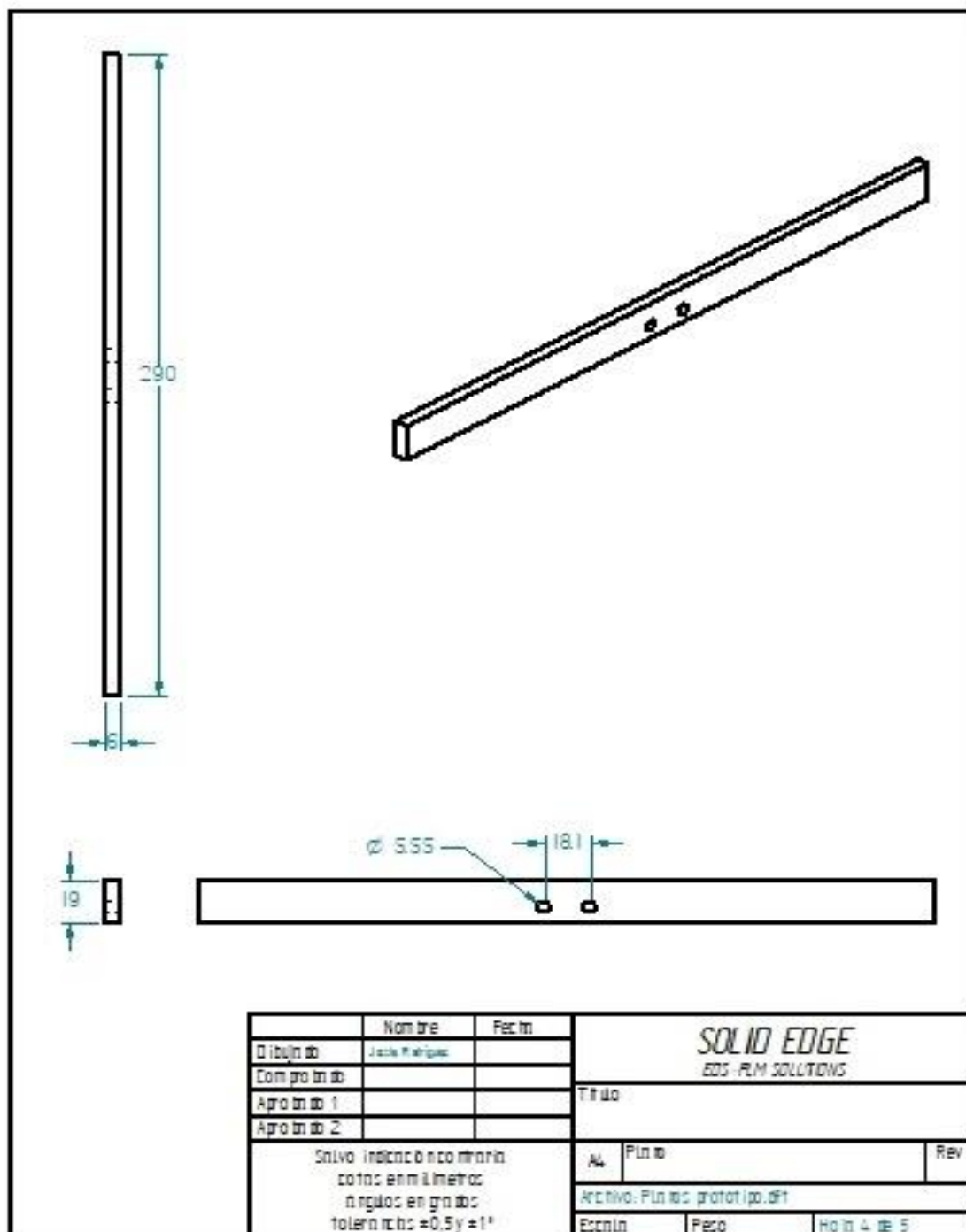
Anexo 4. Planos

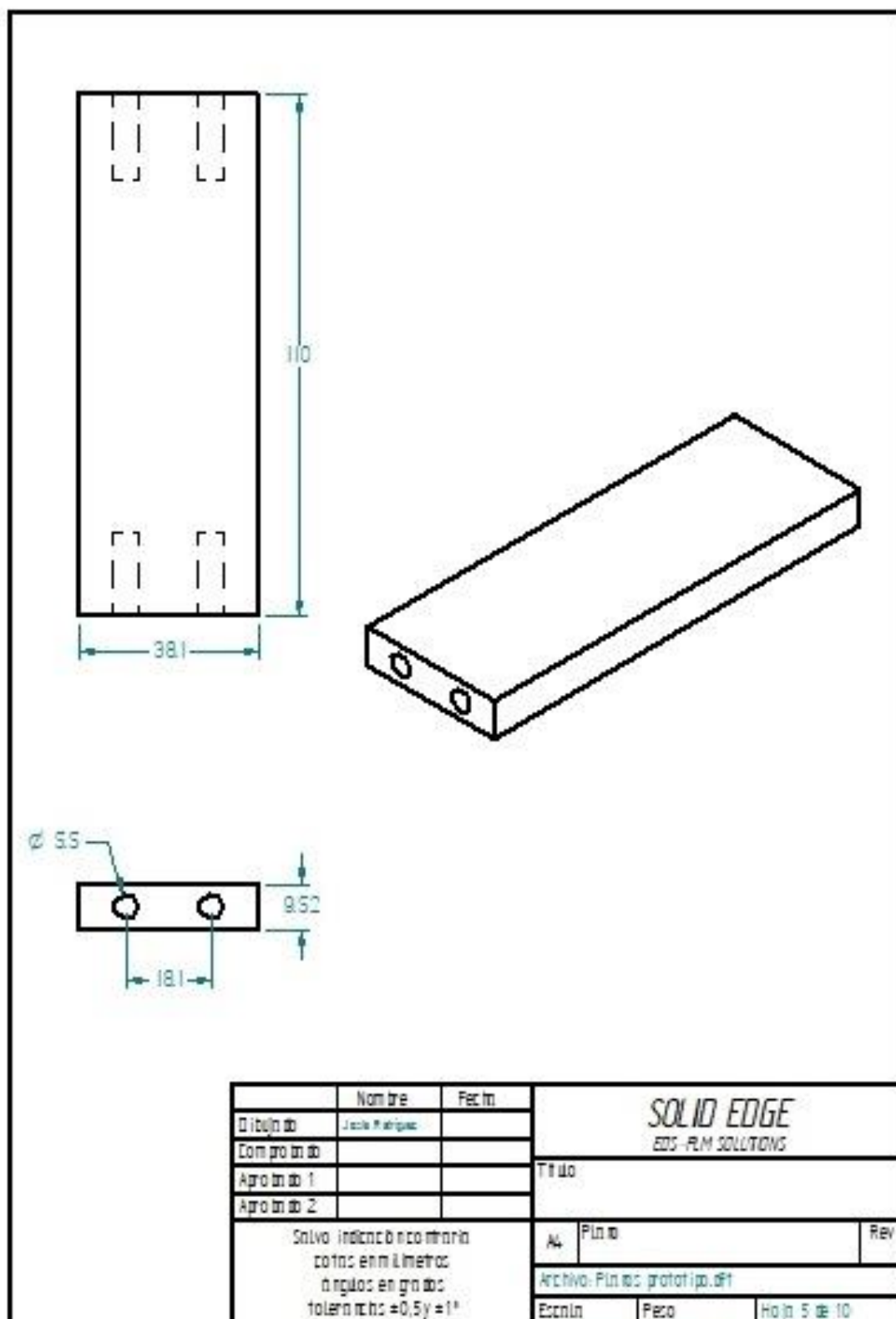


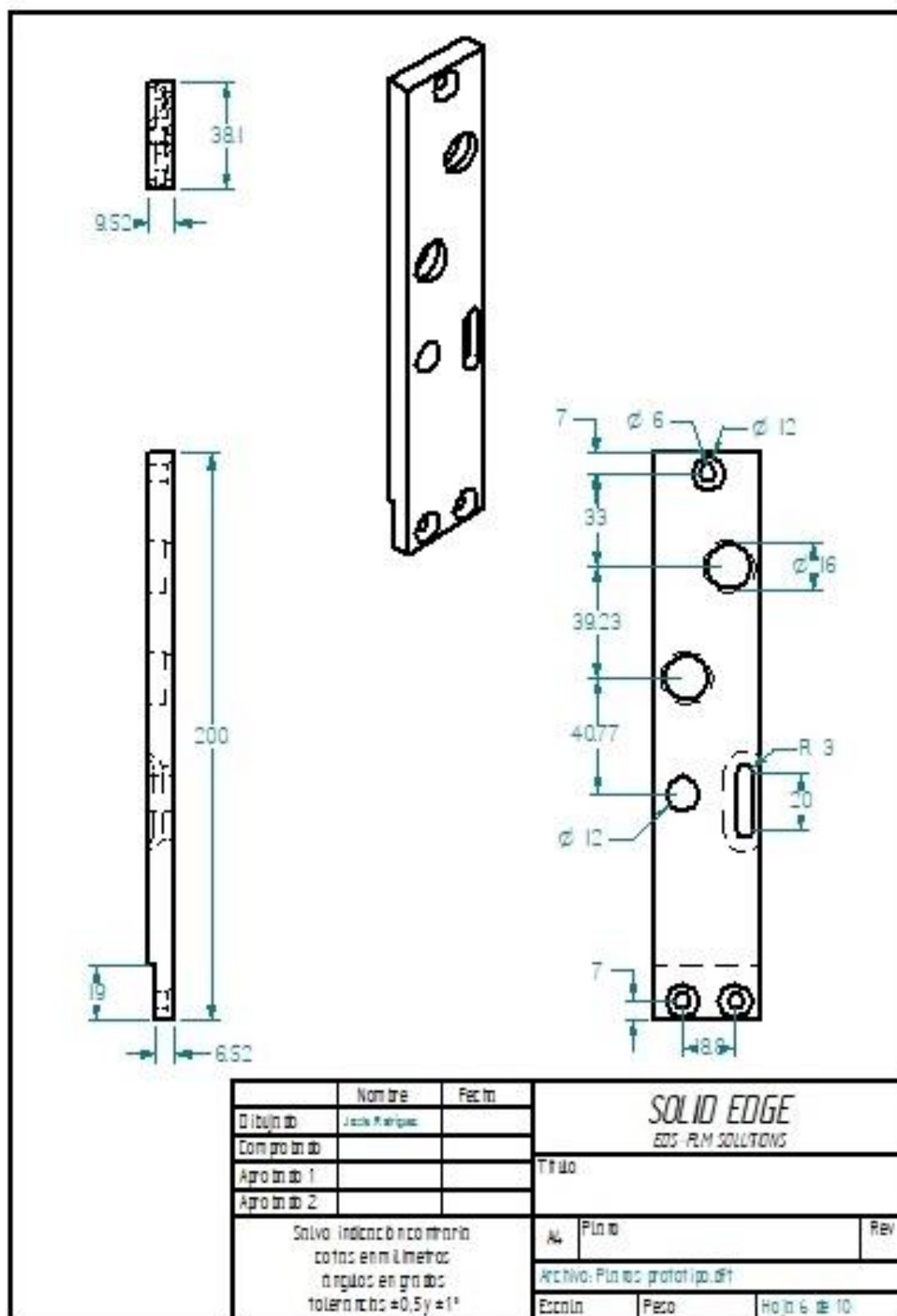


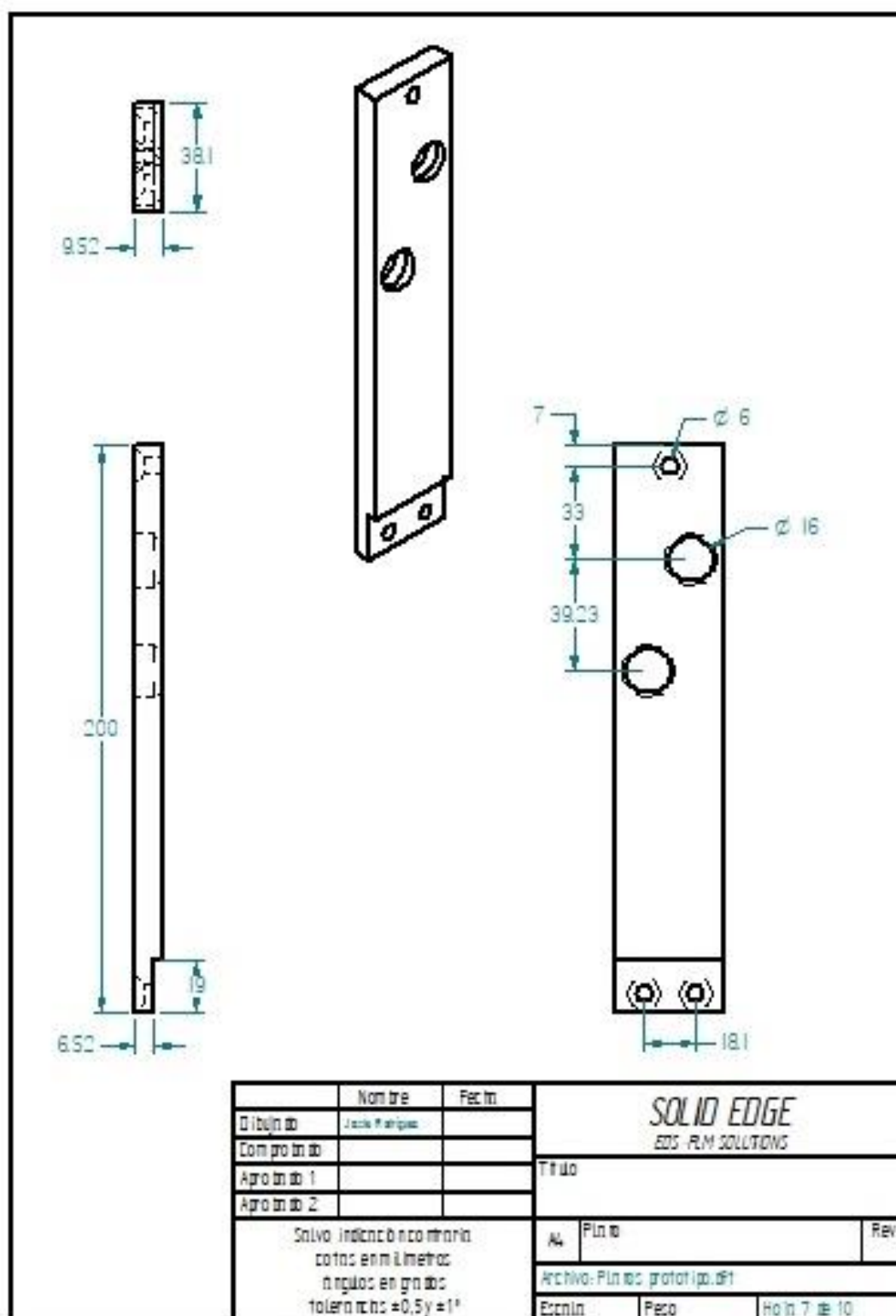
	Nome	Fecha	SOLID EDGE EOS PLM SOLUTIONS		
Dibujado	José Rodríguez				
Diseñado					
Aprobado 1					
Aprobado 2			Título		
Solvo: Indicar únicamente cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y ± 1			A4	Plata	Rev.
			Archivo: Plata-prototipo.dft		
			Escala	Peso	Hojas de 5

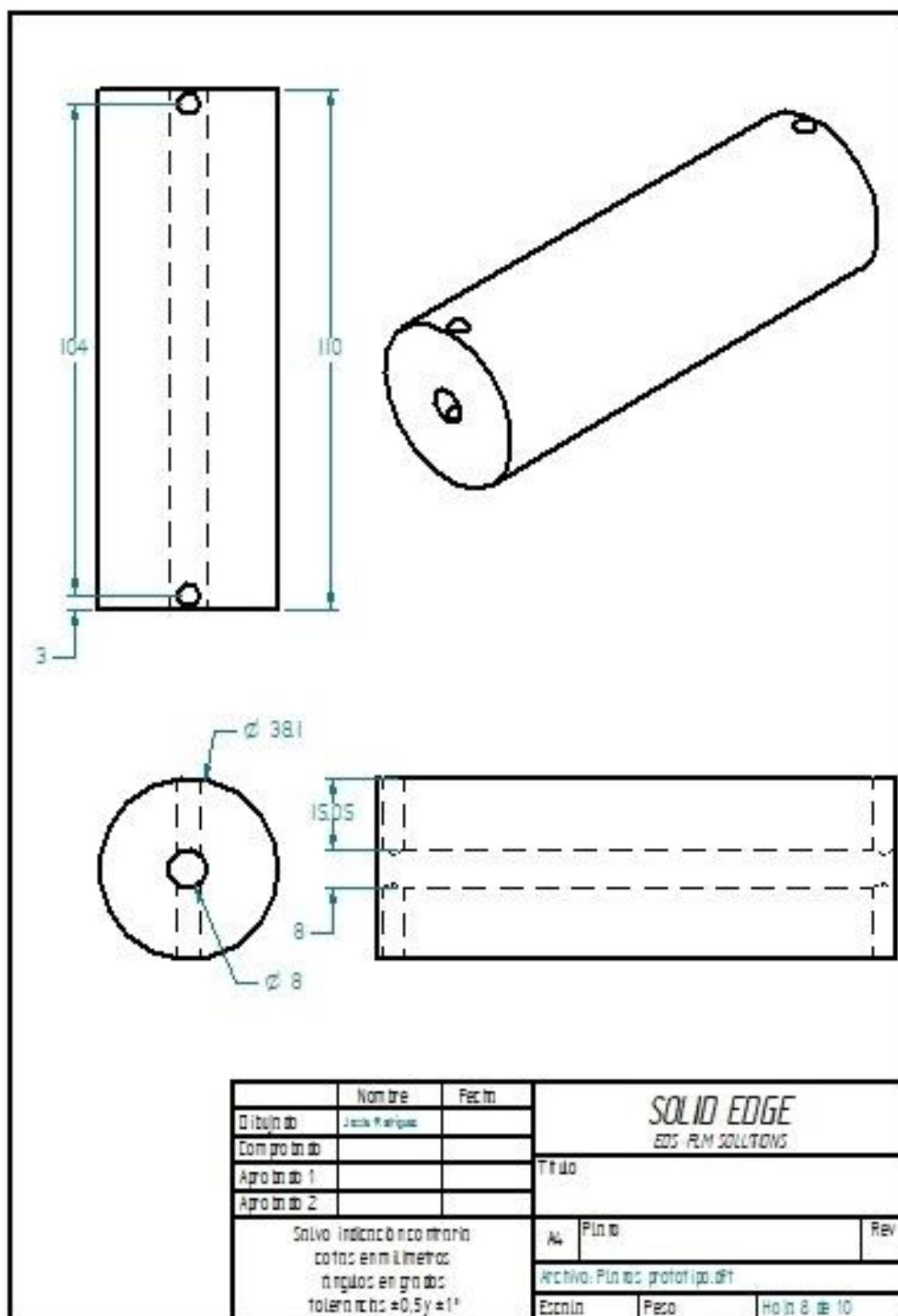


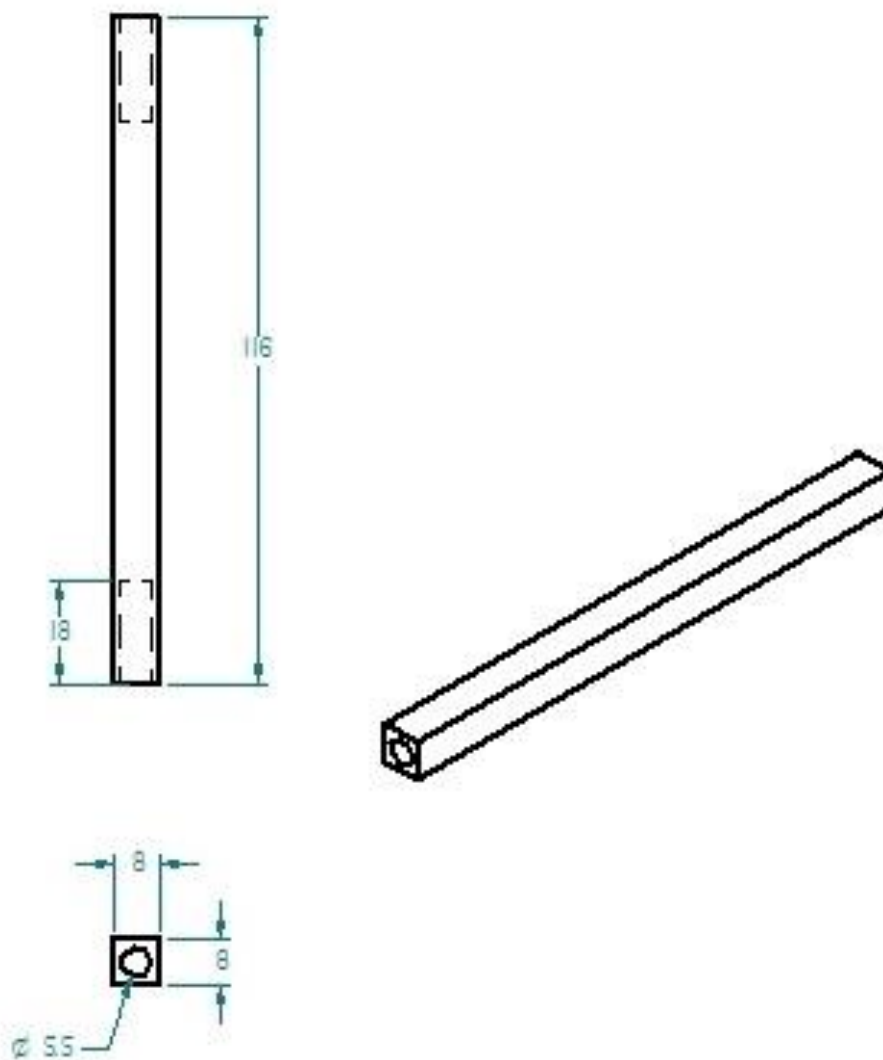












	Nombre	Fecha	SOLID EDGE EDS - PLM SOLUTIONS	
Dibujado	Jackie Rodriguez			
Comprobado			Título	
Aprobado 1				
Aprobado 2			A4 Pluma Archivo: Pluma_prototipo.dft	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y ± 1			Escala	Peso
			Hoja 9 de 10	

Anexo 5. Memorias de los cálculos

Cálculo rueda dentada - cadena rodillo

Z = dientes α = ángulo $\alpha = 12^\circ$ D = diámetro R_i = radio $d_e = d_p + (0.8 D)$
 $\alpha = 180^\circ / N$ $d_i = d_p - D$
 $d_p = \text{diámetro primitivo} = P / \sin \alpha$ $D = \frac{P}{\sin(180^\circ / N)}$ $R_i = 0.54 D$
 $d_i = \text{diámetro interior} = d_p - d$ $d_p = P \cdot R$
 $d_o = \text{diámetro exterior} = d_p + ((0.63)(d))$
 $\text{recomendado} = d_p + d$

ruedas grandes 25B15 $\text{ANSI} = 0.250" \times 1/4$ $\text{Pitch} = 1/4"$
 $\alpha = 180^\circ - 12^\circ = 168^\circ$ $d = 6.35$ $0.25"$
 $\frac{15}{15}$ $P = 22.225$ $1/4"$
 $d_p = 6.35 = 20.541309 \text{ mm}$ 8°
 $\text{Sen } 12^\circ$ $1/8"$ $3/32"$
 33.68 $57.64 = 22.621 \text{ mm}$ roller diameter pin diameter
 $+ 7/8 \rightarrow 22.225 \text{ mm}$ diámetro rodillo anchura rodillo
 $p_o = 0.10/D$ $0.110 = 2.794 \text{ mm}$ $D_o d$ pin diameter

$Z = 15$ $p = 6.35 \text{ mm}$ $\alpha = 12^\circ$ $D = 3.175 \text{ mm}$ $Z = 9$ $p = 6.35 \text{ mm}$ $\alpha = 20^\circ$
 $d_i = 27.3668$ $d_e = 33.68$ $R_i = 1.7145 \text{ mm}$ $D = 3.175 \text{ mm}$ $d_p = 18.56 \text{ mm}$
 $d_p = 30.8218$ $d_i = 15.39 \text{ mm}$ $d_e = 21.77 \text{ mm}$
 $Z = 10$ $p = 6.35 \text{ mm}$ $\alpha = 18^\circ$ $D = 3.175$ Pin
 $d_p = 20.54003$ $d_e = 23.3426$ $R_i = 1.745$ Pin
 $d_i = 17.3203$ 0.914

Recomendaciones

$D_e = \text{diámetro exterior}$
 $D_p = \text{diámetro primitivo}$
 $d_i = \text{diámetro interior}$
 $d = \text{diámetro de los rodillos}$
 $P = \text{distancia entre de los rodillos}$
 $N = \text{número de dientes}$

Ejemplos

$D_e = D_p + d_i$ $D_p = \frac{P}{\sin \alpha}$
 $d_i = D_p - d$ $\alpha = \frac{180^\circ}{N}$

Large eye 8mm or 5/16" (2.9mm)

Cálculo

Características motor

Motorreductor HT

15 RPM

120 Nm o 250 Nm (12,23 Kg.cm o 25,49 Kg.cm) (12 Nm o 25 Nm)

(corriente 200 mA a 600 mA) 0,1 A

$$P = T \cdot \omega$$

 $\omega =$ velocidad angular $2\pi =$ radianes por segundo rad/s $T =$ periodo de rotación en segundos

15 RPM

$$15 \text{ RPM} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{94,24}{60} = 1,57 \text{ rad/s}$$

$$M = T \cdot d$$

$$P = 1,2 \text{ Nm} \times 1,57 \text{ rad/s} = 1,88 \text{ W}$$

relación (o principio) transmisión

$$i = \frac{10}{15} = 0,6 \Rightarrow \text{reductor por eje} < 1$$

Construye 15 - 1,5 metros entre pinyones

construye 10

$$S_1 \times T_1 = S_2 \times T_2$$

$$15 \text{ RPM} \times 10 = S_2 \times 15$$

$$S_2 = \frac{15 \text{ RPM} \times 10}{15} = 10 \text{ RPM}$$

$$F = 1 \text{ Kg}$$

$$d = 1.7 \text{ cm} \Rightarrow$$

$$M = 17 \text{ Kgf.cm}$$

$$F = \frac{M}{d}$$

$$F = \frac{17 \text{ Kgf.cm}}{4 \text{ cm}} = 4.25 \text{ Kgf} \quad \begin{array}{l} \text{peso inicial} \\ \text{em rodillo} \\ \text{desgramor arofi} \end{array}$$

$d = \text{radio rodillo}$

$$F = \frac{M}{d} = 12 \text{ Kgf.cm}$$

peso 15 RPM $P_m = 1.88 \text{ ue}$ $T = 0.6 \text{ segundos}$
 Distancia entre centros = 111.48 mm

$$12 \text{ Kgf.cm} / 152 = 7.89 \text{ Kgf}$$

$$S = 5.5 (15.2 \text{ mm})$$

$$S = 2.259 (10.27 \text{ mm})$$

$$P = M \cdot W$$

$$P = \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array}$$

$$P = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \text{Arco} & \text{Peso} & \text{pliegue} & \\ \hline \end{array}$$

$$P = \begin{array}{|c|c|} \hline 2 & \\ \hline \end{array}$$

$$P = \begin{array}{|c|c|} \hline P & \\ \hline \end{array}$$

Nuevas tareas documentos

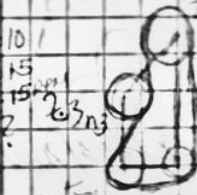
Scribe

- Mejorar milímetros carga y potencia (grupos engranajes)
- Cálculos
- Resultados del prototipo
- Montar bocetos y alternativas de ubicación de los rodillos

Cálculos

Motor	Pinón conductor	Pinón conducido A y B
120 Nm $\rightarrow$ 25 Nm	$Z=10$	$Z=15$ $Z=15$
25 - 600 mA	$P=0.25$ (1/4")	$P=0.25$ $P=0.25$
12 V	Reducción	
	$P=0.25$	

$$\begin{aligned} Z_1 &= 10 \\ Z_2 &= 15 \\ n_1 &= 15 \text{ RPM} \\ n_2 &= ? \end{aligned}$$



$$i = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Potencia mecánica

$$W.P. = M(N.m) \times \omega (\text{rad/seg})$$

$M = 25 \text{ Nm}$

$\omega = \text{velocidad angular}$

$$\omega = \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ seg}}$$

$$120 \text{ Nm} \rightarrow 25 \text{ Nm} \rightarrow 120 \text{ Nm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ cm}} = 1.2 \text{ Nm}$$

$$\omega = 15 \text{ RPM} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{60 \text{ seg}} = 1.57 \text{ rad/seg}$$

$$W = 1.2 \text{ Nm} \times 1.57 \text{ rad/seg} = 1.88 \text{ W}$$

conductor/conducida

$$Z_1 \times Z_2 = n_2 \times Z_2$$

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$n_1 = 15 \text{ RPM}$$

$$i = \frac{10}{15} = 0.6$$

$$n_2 = \frac{15 \times 10}{15} = 10 \text{ RPM}$$

Reducción

$$K_s = 2.09$$

$$P_d = 1.88 \text{ W} \times 2.09$$

$$P_d = 3.92 \text{ W} \Rightarrow 0.05 \text{ hp}$$

$$\omega = 12 \text{ V} \times 0.6 \text{ A}$$

$$\omega = 7.2 \text{ W}$$

$$C = \frac{80}{635} = 12.59$$

$$N_c = 25 \text{ M} \times 12.5 = 312.5$$

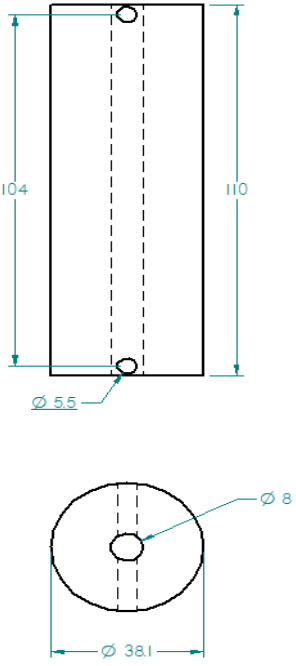
$$312.5 \text{ calabres}$$

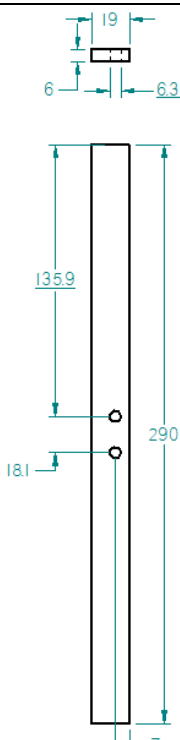
$$V = 70 \times 15 \times 0.00635 = 0.9525 \text{ m/min}$$

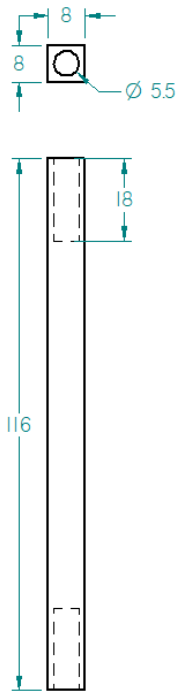
$$0.015 \text{ m/s}$$

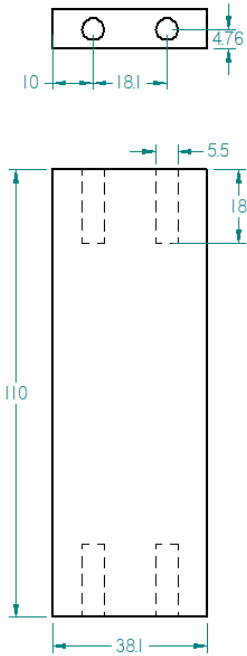
$$F = 4.59 \text{ lbf}$$

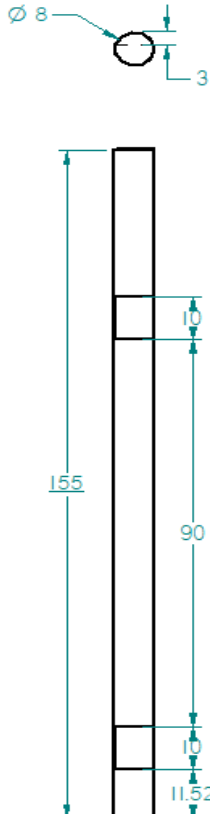
Anexo 6. Fichas técnicas de proceso

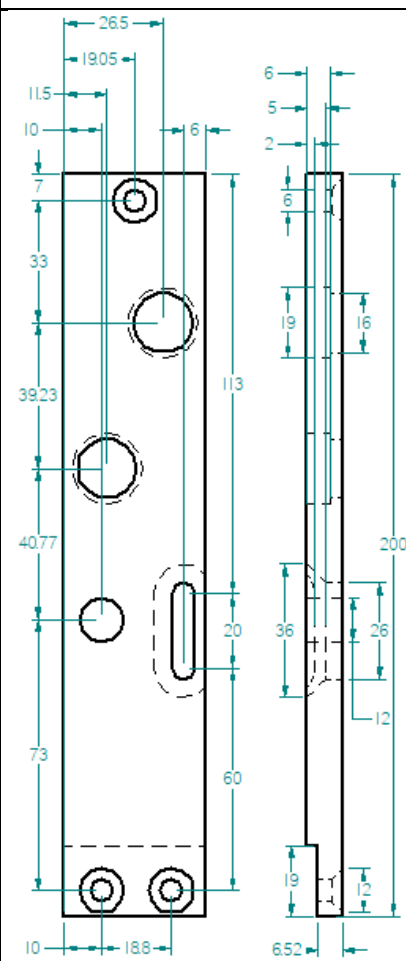
TEMA: DISEÑO TECNOLÓGICO	PROTOTIPO: DESGRANADORA DE ARVEJA	DOCENTE: PATRICIA TÉLLEZ		
PIEZA: RODILLO DESGRANADOR	NOMBRE: JOSSIE STEVEN RODRÍGUEZ GOYENECHE			ITEM: 1
PLANO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
	Material	Precio	Herramienta/Máquina	Cant. HT
	Eje en aluminio 1½	\$18.300	Sierra cinta	1
			Torno paralelo	1
			Taladro fresador	1
			Broca de centros	1
			Brocas	1
	Revestimiento	\$4.000	Buril tungsteno	1
			Calibrador pie de rey	1
			Flexómetro	1
			Macho para roscar	1
			Moleteadora	1
	Total	\$22.300	Total	1
Definición		Procesos		
Observaciones Dimensiones en milímetros. Se hicieron dos piezas simétricas		Cortar eje de aluminio a 114 mm Montar en torno, copa autocentrante Hacer agujero con broca para centros a 1/3 de profundidad del cono Taladrar completamente el eje con broca de 8 mm Refrentar cara 1 o 2 mm Dar la vuelta al eje Refrentar siguiente cara y calibrar a medida según plano Montar horizontalmente en banco del taladro de árbol Trazar y marcar centros a 104 mm Taladrar agujero pasante con broca de 5,5 mm Roscar con macho de ¼ Repetir últimas dos operaciones en el otro centro Montar pieza en el torno, copa autocentrante y prensar con punto giratorio Realizar operación de moleteado, dejar 10 mm sin moletear en cada extremo Poner revestimiento al rodillo y detallar		

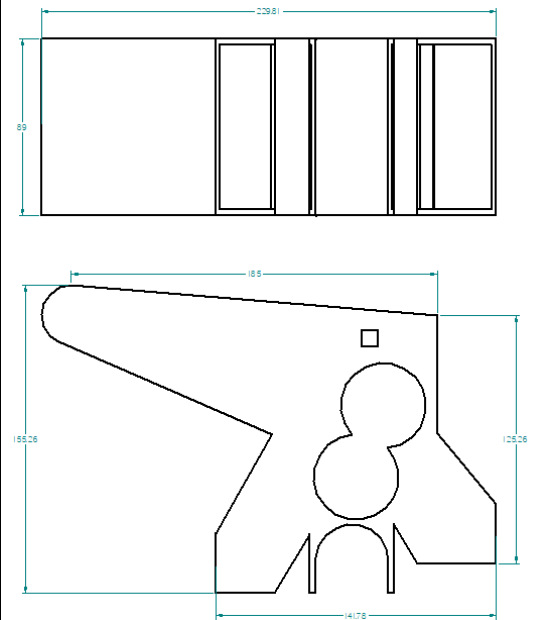
TEMA: DISEÑO TECNOLÓGICO	PROTOTIPO: DESGRANADORA DE ARVEJA	DOCENTE: PATRICIA TÉLLEZ			
PIEZA: PLATINA BASE	NOMBRE: JOSSIE STEVEN RODRÍGUEZ GOYENECHE			ITEM: 2	
PLANO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				
	Material	Precio	Herramienta/Máquina	Cant. HT	Precio HT
	Platina aluminio 3/4x1/4	\$9.400	Segueta	1	\$16
			Flexómetro	1	\$8
			Calibrador pie de rey	1	\$52
			Rayador	1	\$31
			Centro punto	1	\$10
			Taladro fresador	1	\$7.900
			Mordazas	1	\$182
			Brocas	1	\$521
	Total	\$9.400	Total	1	\$8.700
Definición		Procesos			
Esta platina es la base de apoyo entre cualquier superficie plana y el resto de elementos estructurales, particularmente las platinas verticales donde están alojados los mecanismos		Cortar platina a 290 mm Marcar centro puntos según plano Montar platina en banco de taladro fresador Taladrar platina con broca de 1/4			
Observaciones					
Dimensiones en milímetros. Se hicieron dos piezas simétricas					

TEMA: DISEÑO TECNOLÓGICO	PROTOTIPO: DESGRANADORA DE ARVEJA	DOCENTE: PATRICIA TÉLLEZ			
PIEZA: BARRA RECTANGULAR SUPERIOR	NOMBRE: JOSSIE STEVEN RODRÍGUEZ GOYENECHE				ITEM: 3
PLANO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				
	Material	Precio	Herramienta/Máquina	Cant. HT	Precio HT
	Barra en aluminio sección 80x80 mm	\$6.000	Taladro fresador	1	\$7.900
			Segueta	1	\$16
			Calibrador pie de rey	1	\$52
			Centro punto	1	\$10
			Flexómetro	1	\$8
			Brocas	1	\$521
			Macho para roscar	1	\$146
	Mordazas	1	\$182		
	Total	\$6.000	Total	1	\$8.900
Definición		Procesos			
Barra de sección cuadrada que va en la parte superior de la estructura cuya función es empalmar las platinas verticales donde van los mecanismos y además ayuda a sostener la carcasa		Cortar a 116 mm Trazar y marcar centro puntos en las secciones extremas Montar verticalmente en banco de taladro fresador Taladrar con broca de 5,5 mm a una profundidad de 18 mm Roscar con macho de ¼ a una profundidad de 18 mm Desmontar pieza y repetir últimos 3 pasos en la cara faltante			
Observaciones					
Dimensiones en milímetros					

TEMA: DISEÑO TECNOLÓGICO	PROTOTIPO: DESGRANADORA DE ARVEJA	DOCENTE: PATRICIA TÉLLEZ			
PIEZA: PLATINA BASE INFERIOR	NOMBRE: JOSSIE STEVEN RODRÍGUEZ GOYENECHE			ITEM: 4	
PLANO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				
	Material	Precio	Herramienta/Máquina	Cant. HT	Precio HT
	Platina 1½ x 3/8	\$4.000	Sierra cinta	1	\$3.125
			Flexómetro	1	\$8
			Calibrador pie de rey	1	\$52
			Centro punto	1	\$10
			Brocas	1	\$512
			Macho para roscar	1	\$146
			Taladro fresador	1	\$7.900
	Mordazas	1	\$182		
	Total	\$4.000	Total	1	\$12.000
Definición		Procesos			
Esta platina está ubicada en la parte inferior de la estructura, su propósito es empalmar la platina base con la platina estructural por medio de elementos de sujeción		Cortar a 110 mm Trazar y marcar centro puntos según plano Montar verticalmente en banco de taladro fresador Taladrar con broca de 5,5 mm a 18 mm de profundidad Roscar agujeros con macho de ¼ a 18 mm de profundidad Dar vuelta a la pieza y repetir los últimos 3 pasos en la cara faltante			

TEMA: DISEÑO TECNOLÓGICO	PROTOTIPO: DESGRANADORA DE ARVEJA	DOCENTE: PATRICIA TÉLLEZ			
PIEZA: EJE RODILLOS	NOMBRE: JOSSIE STEVEN RODRÍGUEZ GOYENECHE				ITEM: 5
PLANO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				
	Material	Precio	Herramienta/Máquina	Cant. HT	Precio HT
	Eje en acero plata de 8 mm	\$7.500	Segueta	1	\$16
			Flexómetro	1	\$8
			Calibrador pie de rey	1	\$52
			Rayador	1	\$31
			Torno paralelo	1	\$18.300
			Buril tungsteno	1	\$48
			Taladro fresador	1	\$7.900
			Mordazas	1	\$182
	Escariador	1	\$63		
	Total	\$7.500	Total	1	\$26.600
Definición		Procesos			
Esta pieza es un elemento encargado de guiar la rotación del rodillo a través del rodamiento insertado en la platina estructural		Cortar a 159 mm Montar en torno, copa autocentrante Refrentar cara 2 mm Desmontar y refrentar cara faltante a la medida según plano Montar horizontalmente en el banco del taladro fresador Con el escariador hacer chaveteras a 3 mm de profundidad según plano Dar vuelta y repetir los últimos 2 pasos en la siguiente chavetera según plano			
Observaciones					
Dimensiones en milímetros. Se hicieron dos piezas simétricas					

TEMA: DISEÑO TECNOLÓGICO	PROTOTIPO: DESGRANADORA DE ARVEJA	DOCENTE: PATRICIA TÉLLEZ			
PIEZA: PLATINA ESTRUCTURAL	NOMBRE: JOSSIE STEVEN RODRÍGUEZ GOYENECHÉ				ITEM: 6
PLANO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				
	Material	Precio	Herramienta/Máquina	Cant. HT	Precio HT
	Platina 1½ x 3/8	\$7.200	Sierra cinta	1	\$3.125
			Rayador	1	\$31
			Centro punto	1	\$10
			Calibrador pie de rey	1	\$52
			Taladro fresador	1	\$7.900
			Mordazas	1	\$182
			Brocas	1	\$512
			Avellanador	1	\$29
			Escariador	1	63
Total	\$7.200	Total	1	\$12.000	
Definición		Procesos			
Este elemento es fundamental puesto que en él se insertaron algunos mecanismos del sistema de transmisión, entre ellos el motor, rodamientos y ejes. Su lado más largo está en sentido vertical y se empalma con otras piezas por medio de elementos de sujeción		Cortar a 200 mm Trazar y marcar centro puntos según plano Montar pieza horizontalmente en banco de taladro fresador Taladrar agujeros con broca de ¼ Con escariador de ¼ hacer ranura pasante según plano Pasar avellanador haciendo centro en los extremos de la ranura a 1/3 de profundidad del cono y en los 3 agujeros de ¼ Desmontar pieza y montar horizontalmente en taladro fresador Taladrar 2 agujeros pasantes con broca de ½ Con broca de 3/8 abrir 2 agujeros a 6 mm de profundidad Con escariador de ¼ realizar caja rectangular ubicada en la parte inferior del plano			
Observaciones					
Dimensiones en milímetros. Se hicieron dos piezas simétricas					

TEMA: DISEÑO TECNOLÓGICO	PROTOTIPO: DESGRANADORA DE ARVEJA	DOCENTE: PATRICIA TÉLLEZ			
PIEZA: CARCASA	NOMBRE: JOSSIE STEVEN RODRÍGUEZ GOYENECHE				ITEM: 7
PLANO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				
	Material	Precio	Herramienta/Máquina	Cant. HT	Precio HT
	Acrílico de 3 mm	\$30.000	Muebles	1	\$260
			Segueta	1	\$16
	Pegante	\$5.000	Brocas	1	\$512
			Escariador	1	\$63
	Lija	\$8.000	Barra de alesar	1	\$208
			Taladro inalámbrico	1	\$365
	Total	\$43.000	Total	1	\$1.500
	Definición		Procesos		
	Esta pieza es la que cubre la estructura y facilita la admisión de las vainas, recolección de granos, la aglomeración de los desperdicios para su recolección. Además en la parte inferior esta atornillado el circuito electrónico		En mesa de trabajo trazar líneas de contorno Realizar corte por los bordes del contorno trazado Pulir cantos Mecanizar diámetros y cuadrantes con herramientas de corte Realizar dobles de las piezas que componen la bandeja Empalmar piezas con pegamento especial		
Observaciones	Dimensiones en milímetros. Se hicieron 2 piezas simétricas. Procesos simplificados				

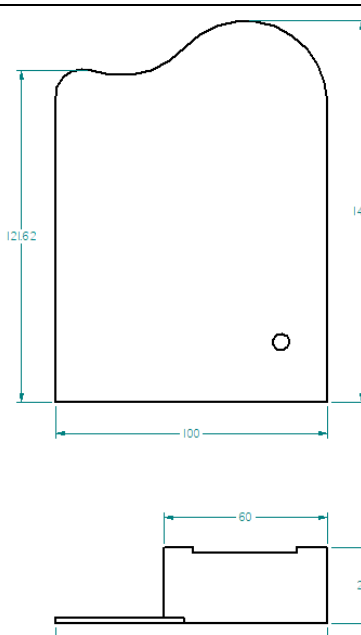
TEMA: DISEÑO TECNOLÓGICO	PROTOTIPO: DESGRANADORA DE ARVEJA	DOCENTE: PATRICIA TÉLLEZ				
PIEZA: GUARDA	NOMBRE: JOSSIE STEVEN RODRÍGUEZ GOYENECHE				ITEM: 8	
PLANO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					
	Material	Precio	Herramienta/Máquina	Cant. HT	Precio HT	
	Acrílico de 3 mm	\$10.000	Muebles	1	\$260	
			Segueta	1	\$16	
	Pegante	\$5.000	Brocas	1	\$512	
			Escariador	1	\$63	
	Lija	\$8.000	Barra de alesar	1	\$208	
			Taladro inalámbrico	1	\$365	
	Total	\$23.000	Total	1	\$1.500	
	Definición		Procesos			
	Esta pieza es la que cubre la estructura y facilita la admisión de las vainas, recolección de granos, la aglomeración de los desperdicios para su recolección. Además en la parte inferior está atornillado el circuito electrónico		En mesa de trabajo trazar líneas de contorno Realizar corte por los bordes del contorno trazado Pulir cantos Mecanizar diámetros y cuadrantes con herramientas de corte Realizar dobleces de las piezas que componen la bandeja Empalmar piezas con pegamento especial			
Observaciones						
Dimensiones en milímetros. Procesos simplificados						

IMAGEN DEL PROYECTO

Todo proyecto requiere establecer una serie de elementos que definen su identidad, en este caso para diferenciar de la identidad corporativa como concepto más general, se acudirá a la identificación visual de este proyecto para que se pueda reconocer por medio de algunos elementos formales tales como el nombre, logotipo y eslogan con el propósito de comunicar a los espectadores el área sobre el cual funge este proyecto: tecnología.

Nombre

La definición del nombre es simple, la palabra que encabezará el nombre será DESGRANADORA, la cual define de antemano un atributo del nombre y la función principal del objeto, la segunda palabra es una composición entre: TECNOLOGÍAS-COLOMBIA cuyo resultado es el siguiente:



Eslogan

La frase empleada como eslogan expresa los propósitos explícitos del proyecto, pero principalmente la propuesta de una solución tecnológica ante la identificación de una situación problema.

Proyectando soluciones tecnológicas integrales

Logotipo

Esta es la propuesta elegida para transmitir la imagen del proyecto y sus propósitos, que en adelante serán utilizadas cuando alguna presentación formal lo requiera.

