

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INYECTORA DE FERTILIZANTE SOLUBLE
PARA EL CULTIVO DEL BANANO.**

JORGE MARIO COLORADO HERRERA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO DE DISEÑO

ASESOR DE PROYECTO DE GRADO

MAURICIO ACEVEDO

INGENIERO DE DISEÑO DE PRODUCTOS

UNIVERSIDAD EAFIT

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO

MEDELLÍN

2010

Nota de Aceptación

Presidente de Jurado

_____ **Jurado**

_____ **Jurado**

Medellín, 30 de Abril 2010

Dedicado a:

A GNOMO y a mis PADRES que con gran esfuerzo me han brindado su apoyo tanto emocional como económicamente y de manera incondicional, les debo demasiado.

Agradecimientos

El autor Agradece a:

A mis compañeros: Camilo Zuluaga, Ana María Montoya, Juan David Méndez y Lucas Ramón por su contribución al proyecto.

Al asesor de proyecto de grado Mauricio Acevedo, por sus conocimientos, paciencia y aportes al proyecto.

A Uldar, Humberto, Jaime, Abraham, Hugo, Gabriel, Juan Diego, Jorge Posada, Alex, Gilberto, Juan Camilo, ya que de ellos dependió de manera importante la elaboración de los prototipos.

CONTENIDO	Pág.
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE GRÁFICAS:	ix
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xii
GLOSARIO	xiii
RESUMEN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANEACIÓN.....	2
1.1 ANTECEDENTES	2
1.1.1 Estado del entorno.....	2
1.1.2 Identificación de la necesidad	4
1.1.3 Estado del arte que se relaciona con los procedimientos de fertilización en árboles 7	
1.2 JUSTIFICACIÓN	19
1.3 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	20
1.3.1 Objetivos específicos	20
1.4 ALCANCE Y PRODUCTOS	21
1.5 USUARIO, CONSUMIDOR Y CLIENTES.....	21
1.6 CONTEXTO.....	23
1.6.1 Contexto regional.....	23
1.6.2 Contexto dentro de las fincas bananeras.....	25
1.7 Especificaciones de Diseño de Producto, PDS	26
2. DESARROLLO DEL CONCEPTO	30

2.1	GENERACIÓN DEL CONCEPTO	30
2.1.1	Aclarar el problema	30
2.1.2	Buscar externamente	33
2.1.3	Buscar internamente	41
2.1.4	Síntesis formal	47
2.1.5	Propuestas de materiales	53
2.1.6	Procesos de transformación	56
2.1.7	Corrosión	58
2.1.8	Exploración funcional y sistemática	59
3.	DISEÑO A NIVEL SISTEMA.....	76
3.1	Arquitecturas alternativas del producto	76
3.1.1	Agrupación de elemento	76
3.1.2	Diagramas geométricos	77
3.1.3	Relaciones incidentales	78
3.2	Selección del concepto.....	79
3.2.1	Alternativa definitiva	80
4.	DISEÑO DE DETALLES	83
4.1	Modelado 3D	83
4.2	Análisis de ingeniería	83
4.2.1	DFMA (Diseño para el ensamble y Manufactura)	86
4.2.2	Análisis de Componentes	86
4.2.3	Elementos finitos.....	92
4.3	PLANOS DE INGENIERÍA	94
4.4	Señales indicativas, Manual y Accesorios	95

5. CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS Y REFINAMIENTO	96
5.1 PROPUESTA DE MEJORADA.....	101
6. CONCLUSIONES	111
7. RECOMENDACIONES	113
8. BIBLIOGRAFÍA	114

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: productos de la competencia en el sector veterinario	13
Tabla 2: Estado de la tecnología de equipos aspersores y fumigadoras.....	14
Tabla 3: Estado del Arte de herramientas enfocados a tratamientos en árboles.....	18
Tabla 4: Especificaciones de Diseño de Productos	27
Tabla 5: propiedades del PE	54
Tabla 6: Tabla de Corrosión	58
Tabla 7: Tabla de combinación de funciones (Matriz Morfológica).....	59
Tabla 8: Matriz de Evaluación	79
Tabla 9: resumen de algunos componentes analizados por método DFMA:.....	87
Tabla 10: Propiedades del material, análisis FEA	93

LISTA DE GRÁFICAS:

Gráfica 1: forma de aplicación edáfica de fertilizantes.....	10
Gráfica 2 : Aspersión foliar aérea y de espalda	11
Gráfica 3: Técnica FERDÍN y tipo DRENCH aplicados al suelo específicamente al lado de la raíz.....	12
Gráfica 4: Productos de la competencia directa:	17
Gráfica 5: cable vía para el transporte interno en el cultivo del banano	25
Gráfica 6: Contexto de las herramientas en las fincas.....	26
Gráfica 7: Caja negra básica del producto en desarrollo	30
Gráfica 8: Propuestas de estructuras funcionales	31
Gráfica 9: Árbol de funciones	33
Gráfica 10: Persona aplicando fertilizantes con una jeringa de uso continuo tipo pecuaria. Imagen adjunta: Persona aplicando fertilizantes y fungicidas con una jeringa convencional.....	34
Gráfica 11: Patentes reciente de productos de inyección en árboles de corteza dura, Patente US 5901498.	35
Gráfica 12: inyectora de salsas, AU199871974.....	36
Gráfica 13: patente de inyección inmediata al árbol y diseño de agujas	37
Gráfica 15: Exploración interna de la forma y función de la propuesta de la herramienta	42
Gráfica 16: Exploración interna (continuación).....	44
Gráfica 17: exploración de posibles mecanismos.....	45
Gráfica 18: exploración formal y funcional del almacenamiento del concepto.....	46
Gráfica 19: Exploración formal	52
Gráfica 20: Alternativa 1 tanque de almacenamiento rígido	71
Gráfica 21: alternativa 2 Mochila de tela.....	72
Gráfica 22: accesorios de la herramienta	73
Gráfica 23: Agrupación de elementos.....	76
Gráfica 24: configuración 1.....	77
Gráfica 25: Configuración 2	78

Gráfica 26: Configuración 3	78
Gráfica 27: esquema de relaciones incidentales para la herramienta	79
Gráfica 28: Ventajas de la alternativa 4	80
Gráfica 29: Propuesta de colores del producto final	81
Gráfica 30: mochila de tela para el uso de recipientes rígidos o bolsas tipo bag in box	82
Gráfica 31: Modelado 3D de la Alternativa Final	83
Gráfica 32: pistolas que disparan agua bajo el principio de desplazamiento positivo ...	84
Gráfica 33: Experimentos de laboratorio para determinar la fuerza de requerida para inyectar en una planta	85
Gráfica 34: Montaje de la herramienta de la competencia.....	85
Gráfica 35: Definición de la geometría de la herramienta.....	90
Gráfica 36: Mecanismo de la herramienta.....	90
Gráfica 37: Partes detalladas de la herramienta.....	91
Gráfica 38: Componentes por analizar mediante FEA.....	92
Gráfica 39: condiciones de frontera y mallado.....	93
Gráfica 40: Esfuerzos equivalentes máximos (Von mises).....	94
Gráfica 41: señales indicativas y de advertencia	95
Gráfica 42: Accesorios del prototipo	96
Gráfica 43: Pieza obtenida por medio de manufactura Milltronics Univ. EAFIT.....	97
Gráfica 44: construcción de los mangos del prototipo 1 obtenidos en resina epóxica...	97
Gráfica 45: Prototipo final inyector de fertilizantes.....	98
Gráfica 46: pruebas de la herramienta en el cultivo.....	99
Gráfica 47: Optimización de la alternativa Final	102
Gráfica 48: detalles de la propuesta mejorada, forma de manipulación, medidas generales y modelación 3D de la propuesta.....	110

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: benchmarking de las tecnologías.....	7
--	---

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Análisis del Sector e investigación de mercados

Anexo B. PDS, Especificaciones de Diseño de Producto

Anexo C. Desarrollo de concepto

Anexo D. Materiales y procesos

Anexo E. Diseño de Detalle

Anexo F. Ensayos y pruebas del producto

Anexo G. Manual de uso y de mantenimiento de la Herramienta

GLOSARIO

ESCORRENTÍA: Es la capa de agua que circula en el suelo, la circulación depende de la inclinación del terreno.

ENDOTERAPIA VEGETAL: ("Tree Injection" o "Trunk Injections" en inglés), conocida comúnmente como Endoterapia, es un método alternativo de tratamiento fitosanitario del arbolado urbano de bajo impacto ambiental. El sistema consiste en la inyección en el tronco de una sustancia nutritiva o fitosanitaria que es translocada a través del xilema de la planta en sentido acrópeto. La historia de la endoterapia, se remonta al Renacimiento: fue Leonardo da Vinci el que hizo las primeras pruebas con arsénico en los árboles.

GENÉRICO: que carece de marca nombre o cualidades diferenciadoras de otros artefactos similares.

LIXIVIACIÓN: Es el arrastre de los nutrientes presentes en la parte superior del suelo por el agua, y se considera lixiviación cuando los nutrientes no son alcanzados por la raíces de las plantas.

LOGO SÍMBOLO: Combinación del logotipo, que es un distintivo formado por letras, abreviaturas, etc. Peculiar de una empresa, conmemoración, marca o producto y de un símbolo gráfico.

MODULAR: perteneciente o relativo al módulo, en productos, que cumple varias funciones cambiando la configuración de acuerdo con la necesidad, por ejemplo, un taladro es modular.

MOKO: La enfermedad que afecta al plátano y banano. Es ocasionada por *Ralstonia solanacearum*, es considerado como uno de los problemas fitosanitarios más serios que afectan a dichas especies en las regiones tropicales y subtropicales del mundo.

NICHO O SEGMENTO DE MERCADO: grupo de consumidores que responden de forma similar a un determinado estímulo de mercadeo.

PROTOTIPO: artefacto que simula uno o varios atributos del producto en desarrollo para su evaluación funcional, productiva o de mercado.

SEUDOTALLO: Tallo aparente formado por las vainas superpuestas densamente, es típico del género musa.

SIGATOKA: hongo que se propaga en la mata capaz de ocasionar severos daños al follaje de la planta destruyendo su capacidad de respiración y fotosíntesis, reduciendo con ello el rendimiento y calidad de la fruta; si el ataque se produce sobre todo en las hojas jóvenes de la planta, la pérdida de la producción es total. La fruta que se ha obtenido de plantaciones atacadas por este mal, se madura rápidamente en el trayecto a los mercados, con las consiguientes pérdidas para los agro-exportadores.

TÉCNICA FERDIN: Fertilización Disuelta e Inyectada, Es una técnica de alta eficiencia y de bajo costo para fertilizar el cafetal, la cual consiste en aplicar los fertilizantes de uso tradicional mezclados y disueltos en agua, en la zona de las raíces absorbentes, mediante un inyector especial (el fertilizante se inyecta directamente al suelo en la zona de la banda de abonamiento).

TRANSLOCACIÓN: El proceso por el cual los productos de la fotosíntesis son transportados a otros tejidos de la planta.

VOLATILIZACIÓN: es el cambio de estado de la materia sólida a gaseosa, sin pasar por estado líquido.

RESUMEN

Colombia es un país de vocación agrícola, en donde se hace necesario implementar desarrollos tecnológicos para mejorar cada una de las agrocadenas productivas de las cuales participa. En este proyecto se presenta una solución tecnológica, el desarrollo de una herramienta manual que inyecta abonos solubles, entre otras sustancias, al interior de la planta de banano y plátano, dada la necesidad detectada por la investigación de mercados realizada por el autor, en la agrocadena del banano en Colombia.

Se presenta dicha solución tecnológica con el propósito de mejorar: la eficiencia del cultivo del banano y plátano y la salud ocupacional del campesino. Se aplicó una metodología de diseño y desarrollo de productos según los conocimientos adquiridos por el autor en el pregrado de Ingeniería de Diseño productos, definiéndose en cinco etapas claves dentro de la metodología propuestas las cuales son: Planeación, Desarrollo de Concepto, Diseño a nivel sistema, Diseño de detalle, Pruebas y refinamiento (ULRICH, 2004).

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico en el sector agrícola Colombiano se debe convertir en una prioridad nacional, ya que el país es rico en recursos naturales lo cual corresponde a una ventaja comparativa envidiable por países del primer mundo. Hoy en día los organismos de apoyo tanto privados como públicos le han apostado a este sector en los últimos años obteniendo excelentes resultados. El problema es que hace falta incrementar aún más los esfuerzos ya que el sector agrícola es muy vasto y la mayoría de las investigaciones y desarrollos tecnológicos pertenecen a otros países, por lo que surge la necesidad de adaptarlos.

Así pues en aras de aportarle al sector agrícola y en especial al sector bananero con un producto adaptado al contexto y a las necesidades del usuario colombiano, se presenta el siguiente proyecto de grado basado en el desarrollo de una herramienta de aplicación de fertilizantes mediante el soporte y la aplicación de las herramientas aprendidas en la carrera de Ingeniería de diseño de productos de la Universidad EAFIT.

El proyecto consta de cinco etapas: Planeación, Desarrollo de concepto, Diseño a nivel sistema, diseño de detalle y pruebas y refinamiento.

1. PLANEACIÓN

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Estado del entorno

El cultivo del banano, plátano y bananito en Colombia se ha constituido en un renglón de importancia socioeconómica, desde el punto de vista de seguridad alimentaria y generación de empleo. Dentro del sector agropecuario para el primer semestre de 2009, ocupa el quinto lugar después del café, la caña de azúcar, la yuca y las flores, participando con 7,67%% del total de la producción agrícola del país (sin café)¹.

El 20% de la producción mundial de banano por ejemplo se destina al comercio mundial, hecho que lo convierte junto con las manzanas, las uvas y los cítricos, en el conjunto más importante de productos frutícolas comercializados en el mundo. Los mayores productores son países centro y sudamericanos. El comercio está concentrado en compañías multinacionales que le otorgan al mercado mundial una manifiesta estructura oligopolística.

En el sector hortofrutícola colombiano no existen complejos productivos tipo clusters en donde se cultiven, procesen y exporten, competitivamente, altos volúmenes de un producto, las regiones del Golfo de Urabá y el nororiente del departamento del Magdalena, se han especializado en la producción y exportación de banano y plátano con altos niveles de productividad e integración de los productores y comercializadores, gracias a las ventajas comparativas de localización y calidad de los suelos con respecto a otras zonas productoras del mundo.

En el país existen dos tipos de banano y plátano: los productos de exportación y el criollo o de consumo interno. Colombia ha tenido una relativa larga tradición como productora y exportadora neta de banano de exportación tipo Cavendish Valery, y plátano tipo hartón.

¹ Fuente: DANE

Las hectáreas sembradas en banano en Colombia en el 2007, ascendieron a 42,287; 827 hectáreas menos que las reportadas en el año 2006, cuando fueron 43,654 las hectáreas sembradas en banano de exportación en las dos zonas productoras del país. La productividad promedio en este año se colocó entonces en 1,996 cajas por hectárea, levemente superior a la observada el año 2006 cuando fue de 1,919 cajas/ha./año, jalonada principalmente por la mejora en la productividad en la Región de Urabá².

En Colombia para el 2007, se cultivaron en plátano alrededor de 381.000 ha, con una producción total/año de 2.9 millones de toneladas de racimos, de las cuales el 95% se destinaron al mercado interno y el resto a la exportación. Los principales centros productores se encuentran en la Zona Cafetera de la Región Andina, donde se cultivaron 234.000 ha. (61% del área cultivada), que aportaron el 59% de la producción nacional. Otras regiones naturales de importancia para el cultivo son la Orinoquía, la Región Pacífica, Caribe y la Amazonía. Teniendo en cuenta 10% de pérdidas poscosecha, se estima que el valor de la producción aporta 54.5 millones de dólares al Producto Interno Bruto Agrícola. Urabá participa con el 76% de las exportaciones del total del país.

En el año 2007 las exportaciones colombianas de banano, ascendieron a 85.5 millones de cajas de 18.14 Kg. por valor de US\$509.6 millones. Se presentaron crecimientos de 2.04% en volumen y de 10.09% en valor, respecto al año 2006, cuando se exportaron desde Colombia 83.8 millones de cajas por valor de US\$462.9 millones³.

En el concierto internacional, dichos cultivos colombianos han experimentado una pérdida de posicionamiento competitivo en el marco de un sobre abastecimiento de los mercados mundiales, con niveles próximos a la saturación especialmente en países desarrollados, como consecuencia del crecimiento de la oferta de competidores fuertes como Ecuador en el cultivo del banano. Este deterioramiento obedece a diversos factores entre los que sobresalen la baja productividad por hectárea del cultivo y el

²AUGURA. Estadísticas Bananeras 2002-2007 [documento electrónico]. Uraba: Departamento de estadística <http://www.augura.com.co/esta_interna.htm>. (Citado el 2 Agosto de 2009).

³ Ibid.

deterioro en la calidad de la fruta, debido principalmente a los problemas administrativos y sanitarios (Sigatokas y Moko) en las plantaciones.

Los problemas administrativos que enfrentan las fincas bananeras, se deben básicamente a la inseguridad en la zona, y han acarreado un descenso importante en los niveles de inversión en las plantaciones en labores como la fertilización y el control de drenajes, acentuando la baja en la productividad por hectárea y generando un impacto negativo en la calidad de la producción. La estabilidad política y social en la zona serán factores claves para el mejoramiento competitivo del sector.

La transformación competitiva, es necesaria para enfrentar el desafío que impone la globalización económica en un contexto de mercados dinámicos, por lo cual, mejorar la eficiencia en la gestión de los costos de producción, en particular aquellos aspectos vinculados a la fertilización y control fitosanitario, así como los costos de logística de producción, cosecha y exportación en general, serán factores estratégicos para la competitividad futura de la cadena.

1.1.2 Identificación de la necesidad

Hoy en día en las plantaciones bananeras comerciales de exportación, **se requieren grandes cantidades de fertilizante y abono** para poder garantizar un volumen y una calidad de producción que exigen los mercados internacionales. De igual forma, los abonos representan una parte muy importante del total de los costos de una plantación comercial (43-59%)⁴, lo anterior se suma a la problemática **actual del incremento desbordado de sus precios**, pues abonos tales como la urea, ampliamente utilizada por su gran contenido de nitrógeno se compone también de un derivado del petróleo; como es sabido, en los últimos años este ha tenido un incremento en sus precios desequilibrado, por lo tanto eleva conjuntamente el precio del abono (hace algunos años se compraba a \$38000 pero para el 2008 se elevó a \$70000 pesos)⁵. También el

⁴ La cadena de banano en Colombia. Enero 2006. Doc. de trabajo No. 101. Observatorio Agrocadenas. MADR.

⁵ Entrevista con el Señor Ramón Avendaño, Ing. Agrónomo y experto en nutrición animal y vegetal. Asesor del Proyecto.

cloruro de potasio, uno de los fertilizantes más importantes, tiene un costo elevado debido a su escasez en el territorio nacional.

Además de que los abonos son costosos, las prácticas de utilización y hasta las propiedades físicas de los mismos, impiden un rendimiento adecuado, pues el abono es tradicionalmente aplicado de forma sólida o semisólida en la superficie externa del suelo y dependiendo del tipo de abono se pueden generar pérdidas por fenómenos como lixiviación, volatilización y escorrentía.

Investigaciones han demostrado que la aplicación de los fertilizantes de una forma más directa a las plantas garantiza una absorción más efectiva y así evitar menos pérdidas del insumo. Dependiendo del tipo de cultivo (café, banano, cítricos) en que se han realizado los ensayos, estos han demostrado diferentes rangos de efectividad en la absorción de los abonos aplicados (Ej. En el café 40% con técnica FERDIN. Ver Glosario). De hecho, en las plantaciones bananeras se realiza una práctica que consta de la extracción de una pequeña sección del pseudotallo de la planta padre (que ya no produce racimos) y allí se inserta abono semisólido para que sea luego transmitido al hijo vía vascular y así fortalecer la nueva planta en crecimiento; el problema de esta práctica es la lentitud en su ejecución y los daños que se le producen a la planta (por eso se interviene al padre que ya no está produciendo).

Los empresarios, las agremiaciones, las cooperativas y el gobierno buscan formas para mejorar los rendimientos de los insumos en los cultivos con el fin de bajar costos y ofrecer productos más baratos, ya que las soluciones tradicionales no están siendo lo suficientemente rentables para los bananeros exportadores por razones como la baja tasa de cambio del dólar y el encarecimiento de los abonos.

Expertos en el tema afirman que: “ya no se trata de reducir costos sino de buscar una forma de subsistir y no generar pérdidas monetarias en las plantaciones”⁶.

⁶ Ibid.

- **Fertilización⁷**

En los cultivos de banano se ha llegado a determinar que los elementos minerales indispensables y que deben ser aplicados al suelo son el Nitrógeno y el Potasio, como elementos mayores incluyendo también el fósforo, pero los elementos menores también son necesarios como: el calcio, magnesio, azufre, hierro, cobre, manganeso y zinc⁸. Últimamente está surgiendo la tendencia de aplicar fertilizantes orgánicos provenientes de la lombricultura, gallinaza o los mismos residuos de banano como frutas y vástagos con el fin de atender mercados verdes y productos ecológicos.

Actualmente el fertilizante debe ser aplicado en la zona de máxima de absorción, es decir, más o menos desde la base de la planta hasta 1 mt hacia fuera en semicírculo y alrededor del hijo seleccionado para producción.

Para favorecer una fertilización racional y completa, que es lo que exige el banano y por las características tan especiales de crecimiento, las cantidades de fertilizantes se distribuyen en promedio en 4 aplicaciones por año, tomando en cuenta también la disposición del riego.

En cultivos de banano que no poseen riego se realizan 2 ó 3 aplicaciones por año⁹

- PRIMERA: Diciembre y Enero
- SEGUNDA: Mayo y Junio
- TERCERA: Octubre.

Las dosis de fertilizante varían de acuerdo a la zona, ya que la composición del suelo en cada región es diferente, en cada zona se tienen dosis recomendadas pero su análisis y aplicación están fuera de los objetivos del presente proyecto.

⁷ Ver anexo A: Análisis del sector e investigación de mercados.

⁸ AGROCADENAS, "caracterización banano" p.8 <www.agrocadenas.com/banano> Bogotá: MADR, (citado 15 febrero de 2009).

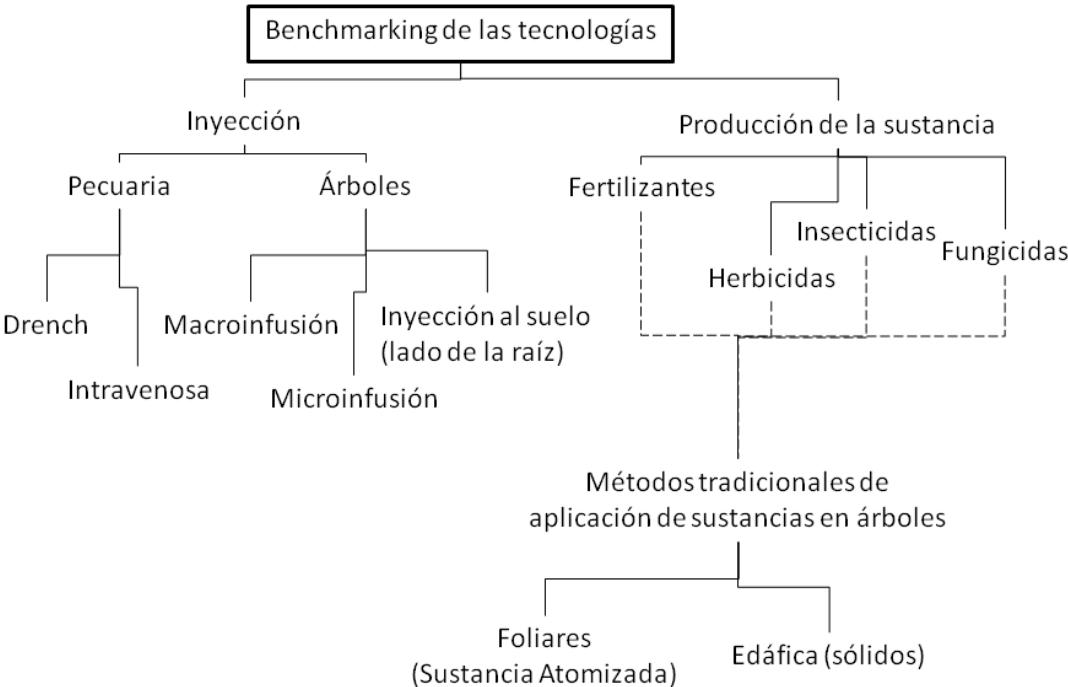
⁹ PALENCIA, Gildardo. "Manejo sostenible del cultivo del plátano". Publicación CORPOICA, Bucaramanga 2006 p.28.

El procedimiento de aplicación directa dentro de la planta del banano en Colombia apenas se encuentra en etapa de desarrollo¹⁰, por lo que la literatura disponible hasta el momento no tiene información relacionada; por lo que la aplicación de abonos sólidos y de aspersión foliar es la única información disponible hasta el momento para el cultivo del banano.

1.1.3 Estado del arte que se relaciona con los procedimientos de fertilización en árboles¹¹

A continuación se muestra el cuadro 1, en el cual se clarifican las tecnologías similares, de manera resumida¹²:

Cuadro 1: benchmarking de las tecnologías



Fuente: Elaboración propia

¹⁰ Entrevista realizada al Ing. Diego Pulgarín de la empresa COSMOAGRO.

¹¹ Ver anexo 3_análisis de la competencia

¹² Para profundizar más en el tema ver anexo A:_Análisis de la competencia.

Para determinar el estado del arte hay que tener en cuenta que la aplicación de los fertilizantes directamente en el seudotallo¹³ de la planta del banano y plátano es un nuevo procedimiento por experimentar queriendo decir que es necesario el desarrollo de nuevas sustancias (fertilizantes) y además es necesario el desarrollo de una herramienta que facilite la aplicación de dicha sustancias. Por tal motivo se investigaron empresas que desarrollan sustancias como: fertilizantes, fungicidas y herbicidas, empresas que poseen herramientas de aplicación de sustancias en otros sectores como el veterinario y de árboles de corteza dura:

- **Benchmarking empresas desarrolladoras de fertilizantes, fungicidas, herbicidas e Insecticidas**

En primer lugar se hace necesario identificar las principales empresas productoras de fertilizantes del país, ya que son las más conocidas y abarcan el mayor porcentaje de ganancias, éstas son reconocidas en el medio por su investigación y desarrollo en nuevas tecnologías y sustancias de fertilización, herbicidas, insecticidas y fungicidas, en cultivos de alto rendimiento, además de marcar nuevas tendencias que siguen las demás empresas que conforman el sector de agroquímicos:



ABONOS COLOMBIANOS S.A.

ABOCOL: Abonos colombianos S.A. venta de fertilizantes y productos industriales, perteneciente a un grupo empresarial conformado por otras empresas como: Fosfatos Boyacá, Fliq, fertitec, Norsa, fertillanos. Sus productos son: Complejos NPK (Nitrógeno-Fósforo-Potasio), nitrato de calcio, fertilizantes líquidos para fert-irrigación.



Bayer CropScience

BAYER Crop Science: desarrollo para el control de enfermedades, fungicida e insecticidas.

¹³Ver glosario



YARA: compañía química multinacional que transforma energía y minerales naturales en productos agrícolas e industriales. Líder mundial en fertilizantes.



Arysta LifeScience: desarrollo de productos enfocados a la protección de los cultivos. Herbicidas, Fungicidas, insecticidas, Coadyuvantes y nutrición.



COLINAGRO: soluciones inteligentes en agroproducción más de 60 años de experiencia en el mercado y pionera en producción y comercialización de fertilizantes de especialidad, con presencia en Ecuador, Venezuela y Chile.

MONOMEROS: Empresa de producción de abonos reconocida en el país

Bajo las marcas líderes en Colombia NUTRIMON, NUTRIMON Plus y ECOFÉRTIL la compañía ofrece el más completo portafolio de fertilizantes, devolviéndole a los suelos del país la vitalidad que han perdido en las cosechas.



Los productos que ofrecen estas empresas permiten tener un panorama general de la clase de productos e insumos químicos que la herramienta del presente proyecto puede abarcar, la forma de aplicación puede variar (Sólida, soluble, atomizada) la composición química varía pero siempre se parte de los mismos elementos básicos (fósforo, nitrógeno, potasio, calcio, entre otros).

- **La Competencia como Procedimiento:**

En primer lugar es necesario explicar la fertilización y sus tipos.

Como procedimiento se compite directamente con los procesos de fertilización tradicionales los cuales son:

1. **Fertilización Edáfica:** Quiere decir que se aplica el fertilizante de forma sólida alrededor de la planta como se muestra en la **gráfica 1** a continuación:

Gráfica 1: forma de aplicación edáfica de fertilizantes



Este procedimiento se aplica con herramientas genéricas que se encuentran en cualquier finca independiente de la clase de cultivo que manejen estos son: palas, bultos, bolsas, carretas.

2. **Fertilización foliar:**

La fertilización foliar es una técnica de nutrición instantánea que aporta elementos esenciales al cultivo solucionando la deficiencia de nutrientes mediante la pulverización de soluciones diluida en agua en algunos casos. Está se ha convertido en una práctica común e importante para los productores para el buen desarrollo de los cultivos y mejorar el rendimiento y la calidad del producto. Se puede aplicar de forma aérea (como se observa en la gráfica 2) pero el procedimiento es costoso.

Gráfica 2 : Aspersión foliar aérea y de espalda



Ventajas de la fertilización foliar son:

- Nutrir el cultivo en momentos críticos.
- Soluciona deficiencia en los micronutrientes.
- Aporta nutrientes a los cultivos en condiciones de inmovilización temporal en el suelo.
- Se independiza de las condiciones ambientales de la disolución y transformación de los fertilizantes en el suelo.
- Alta eficiencia en la absorción de nutrientes.

3. Aplicación a la tierra (al lado de la raíz) (práctica FERDIN¹⁴ y Drench):

Hasta ahora en el cultivo del banano es reciente la aplicación de fertilizante al lado de la raíz¹⁵(ver Gráfica 3), el procedimiento es más utilizado en cultivos como el café con muy buenos resultados. Se presentan dos procedimientos:

- Tipo Drench: “Drench” significa “Mojado” (idioma inglés) y es una técnica de fertilización que consiste en aplicar sobre la superficie del suelo al lado de la raíz, la mezcla de fertilizantes tradicionales disueltos en agua.
- Técnica FERDIN se inyectan los insumos en la raíz.

¹⁴ Ver Glosario

¹⁵ Entrevista realizada a Diego Pulgarín de la empresa COSMOAGRO

Gráfica 3: Técnica FERDÍN y tipo DRENCH aplicados al suelo específicamente al lado de la raíz.



Como se puede observar cada procedimiento requiere de uso de herramientas especiales, por ejemplo: para el procedimiento de aspersión foliar se requiere de aparatos fumigadores, también se requieren para las prácticas Ferdín y Drech solo que se cambia el diseño de la pistola, todas las prácticas tienen buenos resultados según la zona donde se aplique y la experiencia de los técnicos, el procedimiento de inyección directamente en la mata del banano se encuentra en una etapa de desarrollo en la que no se encuentran registros estadísticos todavía en Colombia.

- **Competencia Indirecta**

Empresas desarrolladoras de herramientas de inyección veterinarias¹⁶

Aún no se tiene un comportamiento histórico en la oferta del producto por desarrollar en el proyecto, debido a que es una herramienta nueva para el sector agrícola bananero, pero se puede hacer comparaciones con herramientas veterinarias de inyección de medicamentos para grandes lotes de animales y con herramientas en el sector agrícola como fumigadoras o aspersores debido a que se comparten ciertas especificaciones de

¹⁶ Anexo A análisis de la competencia

diseño similares como: su forma de interacción con el usuario, su utilización casi siempre en las etapas de siembra y crecimiento, y también porque son utilizados de forma industrial (aplicación de grandes cantidades de insumos en animales y plantas en un lapso corto de tiempo).


A continuación se presentan dichas empresas y productos del estado del arte:

Empresas que poseen herramientas de aplicación de sustancias en el sector pecuario

Estas empresas se encuentran en el mercado con herramientas cuya función principal es inyectar sustancias dentro del cuerpo del animal, estas herramientas son conocidas como “Drench guns” y sondas mamarias, algunas marcas son: Durvet-Shoof (Nueva Zelanda), Lhaura (Colombia), Instrument Supplies (Nueva zelanda), Demaplast (Europa).

A continuación se presenta la tabla 1 con algunos productos de la competencia indirecta veterinaria¹⁷:


Tabla 1: productos de la competencia en el sector veterinario

Estado de la Tecnología en inyección						
EN ANIMALES						
	Marca/Producto/ País	Características	Ventajas	Desventajas	Año (creación empresa o producto)	
	NJ PHILLIPS	Pistola de aplicación veterinaria para ganado y cabras	Maneja la mayoría de los químicos	Contrucción metálica	Empresa 1930	
	Drench master	Tipo drench y opción aguja	Cilindro resistente al ataque químico, con diferentes grados de moldeado	Deposito máx 20ml	Producto 2007	
	Australia	Boquilla estandar para cabras	Alto flujo, válvula resistentes al bloqueo, lo que mejora el desempeño			
		Exporta a 50 paises	Fácil de ajustar la Dosis			
			Peso liviano, compacto, Diseño balanceado y robust			
			Doble lengüeta que permite mangueras de 3/8"(10mm), 1/4"(6mm) de entrada			
		Posee la capacidad de instalar diferentes boquillas				

WEB: <http://www.rainbowsivance.com/soilinjection/index.asp>

¹⁷ Para profundizar remítase al Anexo A, p.15.

Continuación de la tabla 1

	Marca/Producto/ País	Características	Ventajas	Desventajas	Año (creación empresa o producto)
	LHAURA	Instrumental veterinario	Producto de reconocimiento nacional	Solo para uso veterinarios	1989
	Inyectoras de ganando	Medidor de la presión	Resistente al uso de químicos	Solo 30 ml. No hay para dosificaciones mayores	
	Australia	Dosificador	Flexibilidad de uso con otros químicos por sus materiales	No tiene conexión al tanque	
	DOSIFICADOR MULTI-LHAURA 30 ML.	Boquilla drench y aguja inyectora	Emboló de metal cromado resistente	Repuestos costosos	
	Ref. DML 30	30ml dosificación máxima			
	Precio: 132.000 pesos				
	WEB: http://www.guatevet.com/web/index.php?option=com_content&view=article&id=17:dosificador-multi-lhaura-30-ml&catid=13&Itemid=31				

- **Empresas que producen fumigadoras y equipos aspersores**

Estas empresas pueden entrar a competir en este nuevo nicho de mercado ya que son las empresas que desarrollan equipos aspersores y fumigadoras para los diferentes sectores agrícolas del país además conocen el sector desde hace muchos años. La tabla 2 resume las especificaciones y características principales de las empresas más representativas del país e internacionales:

Tabla 2: Estado de la tecnología de equipos aspersores y fumigadoras






Estado de la Tecnología equipos aspersores y fumigadoras					
MANUALES					
 CLASICA ROYAL CONDOR	Marca/Producto/ País	Características	Ventajas	Desventajas	Año (creación empresa o producto)
	PROGEN	Boquilla ajustable de cono hueco	40 Años de presencia en el mercado	No se ha innovado en 40 años	1968
	Producciones generales S.A	lanza rígida en latón	Correas acolchadas y ajustables para mayor comodidad.		
	Royal Condor	Llave de paso con filtro en malla de acero inoxidable	Tanque fabricado en polietileno de alta densidad con mirilla indicadora de nivel, resistente al impacto y protegido contra luz ultra violeta.		
	Colombia	Palanca intercambiable para operar a ambos lados de acero inoxidable.	Manguera en caucho reforzado probada a 300 psi.		
	Precio 220.000	Chasis anatómico plástico con agarraderas o metálico con tratamiento especial.	Empresa reconocida y de gran tamaño		
		Tapa con selle hermético y diafragma de ventilación. Boca amplia para un llenado fácil y seguro.			
		Bomba tipo pistón con sistema de valvulas completo, con anillo flotante y sistema de émbolo auto lubricado.			
WEB: http://www.progen.com.co/index.php?option=com_extend&view=article&id=4&Itemid=286					


Tabla 2: continuación

	Marca/Producto/ País	Características	Ventajas	Desventajas	Año (creación empresa o producto)
	Shindaiwa	peso 2,26 kgs	Garantía de 2 años al consumidor	La misma tecnología de las aspersoras manuales	1981 en Estados Unidos
	Fumigadoras	capacidad del tanque 7,5l	Niveles de líquido en galones estadounidenses, galones imperiales y litros.		Tiene 50 años de trayectoria
	Mecanelectro (comercializadora)	Dimetro de apertura para el llenado del tanque 92mm	Multinacional con presencia en los 5 continentes		
		Tipo de bomba 3,15kg/cm2	reconocimiento nacional por sus guadañas		
		Longitud del vástago 698,5mm			
		Tanque de polietileno con protección contra los rayos ultravioleta y resistencia superior a la corrosión y a los rayos dañinos del sol			
		Sello de Viton® de resistencia química			
		El mango de la bomba también sirve como mango de transporte			
		Apertura de depósito amplia e independiente			
		Tapa en ángulo para un "llenado rápido"			
		Tapa atada que evita la entrada de suciedad en el tanque			
		Vástago de fumigación de PVC reforzado con múltiples canales			
		Correa de hombro acolchada de fácil ajuste			
		Diseño de tanque ergonómico adaptable a la cadera			
	Garantía de un año				
WEB: http://www.shindaiwa.com/col/es/products_2/sprayers/					

	Marca/Producto/ País	Características	Ventajas	Desventajas	Año (creación empresa o producto)
	LHAURA	Diseño ergonómico que se adapta fácilmente a la espalda del usuario.	Múltiples prestaciones	Es incómoda	Mas de 20 años en el medio
	Fumigadoras	Tanque liviano y totalmente compacto para un desempeño más eficiente.			
	Colombia	Cámara de presión de mayor capacidad en el mercado (150 libras de presión).			
	Pulverizadoras AL20 KNAPSACK SPRAYER	Exclusivo sistema con campana para aplicación directa de herbicidas.			
	Especiales para el lavado y fumigación de cultivos, ideal para trabajo pesado y de alto rendimiento	Única con cinco boquillas: herbicida, lava ganado, turboquilla, regulable y reflex.			
		Contextura plástica altamente resistente a los productos químicos e impactos.			
		Garantía extendida en el tanque y la cámara de compresión "2 años"			
	Capacidad 20lts				
WEB: http://www.lhaura.com/home/index.php/productos-lhaura/1%C3%ADnea-agr%C3%ADcola.html					

Marca/Producto/Pais	Características	Ventajas	Desventajas	Año (creación empresa o producto)	
	LHAURA	Útil para la aplicación de insecticidas, fungicidas, herbicidas, abonos foliares en pequeños cultivo, jardines y oficinas	Múltiples prestaciones	La misma tecnología de los anteriores	más de 20 años en el medio
	Fumigadoras	Diseño ergonómico que facilita la manipulación	Compacta	no apta para grandes cultivos	
	Colombia	Correas para el transporte Presión Pull push	Reconocida a nivel nacional por sus inyectoras (multihaura)		
	KNAPSACK sprayer 5 Lt	Material altamente resistente a químicos agrícolas e impactos			
	Pulverizadora de 5 lts	Peso Bruto: 1,292 Kilos capacidad 5 Lts			
		Tanque: Polipropileno			
		Bomba: presión Pull Push			
		Boquilla: cono regulable			
		Presión 1 a 7 bar			
		Caudal: 0,6 a 1,2 litros/min Capacidad 20lts			
WEB: http://www.lhaura.com/home/index.php/productos-lhaura/%C3%ADnea-agr%C3%ADcola.html					

Marca/Producto/Pais	Características	Ventajas	Desventajas	Año (creación empresa o producto)	
	Ezepak	Amoblada	Innovadora	No venden el kit completo (sin la pistola a la venta)	Reciente
	Drench	Material en tela que sirve de recipiente para envases plásticos de diferentes formas	fácil lavado		
	Nueva Zelanda	Conserva la temperatura Evita la sudoración capacidad de 5 litros	Fácil de llenado continuo correa porta pistolas		
		Posee pestañas que amarra la manguera por la espalda para evitar que se enrede con animales u objetos			
	WEB: www.shoof.co.nz/NZ/nzcatalogue/page_49.pdf				

Marca/Producto/Pais	Características	Ventajas	Desventajas	Año (creación empresa o producto)	
	Shindaiwa japonesa	Motor de la serie 230 de 1,1 CV 26 litros de capacidad de tanque	resistente buena garantía	Muy pesada	1981 en Estados Unidos
		Bomba de pistón dúplex de desplazamiento positivo que reduce la pulsación de la bomba	Calidad		
		Presión de fumigación regulable de 114 a 357 psi			
		Pulverizador de agarre cómodo que reduce la fatiga del usuario.			
		Cabezal doble estándar, boquilla de fumigación de amplio alcance			
		Liviana, resistente y diseñada para un servicio profesional de larga duración			
		Peso vacía 9,2 kg			
		Capacidad del tanque 26l			
		Tipo de bomba pistón horizontal			
		Máxima presión de bomba 25kg/cm2			
		Cilindrada de motor 1,1 CV (0,8kW) a 8000rpm			
		Capacidad del depósito de combustible 0,6l			
		Correas de hombro acolchadas de rápido ajuste y respaldo acolchado			
	Dos boquillas de fumigación adicional				
Web: http://www.shindaiwa.com.co					

- **Competencia directa**

Empresas que poseen herramientas de aplicación de sustancias en árboles de corteza dura:

La aplicación de inyección directa en los árboles de corteza dura (gráfica 4) se presenta en el contexto internacional, especialmente para aplicación de sustancias de tratamiento de enfermedades como fungicidas y no para crecimiento y fertilización. Este procedimiento conocido como Endoterapia vegetal¹⁸, se realiza solamente en árboles de parques y bosques (árboles valiosos para la conservación de la especie o por la edad que poseen). Algunas de estas empresas son: INJECTHORA (México), Endoterapia vegetal (España), Rainbow Tree Care (USA), Arborjet (USA).



Gráfica 4: Productos de la competencia directa:




La tabla 3 ilustra claramente algunos productos y herramientas de éste sector:

¹⁸ Ver Glosario

Tabla 3: Estado del Arte de herramientas enfocados a tratamientos en árboles

EN ÁRBOLES					
Marca/Producto/ País	Características	Ventajas	Desventajas	Año (creación empresa o producto)	
	CFI-TECHNICAL PEST RESEARCH	Equipo de aplicación y tratamiento de arboles de CORTEZA dura	Dadas las condiciones de aplicación y rendimiento, este sistema ahorra tiempo, producto, agua, no genera impacto ambiental, no contamina los suelos ni napas de agua y su efectividad es 100 % superior a otros sistemas de aspersión o inyección de suelos o estratos.	Necesario perforar el árbol con un taladro	2003 Mexico filial de CFI argentina Technical pest research
	Equipo de tratamiento para arboles INJECTHORA	Tramienito de Plagas y Enfermedades en los arboles como: Manchas foliares, Antracnosis del plátano, bacterias, hongos de la madera, roya fitóftora	Tratamiento duradero una aplicación 2 años	Necesita de aditamentos como válvulas y martillos	Producto y metodología desarrollada hace 5 años en México para CONAFOR
	Mexico y Argentina	Presurizada con CO2	Servicio integral	Construcción metálica lo que implica altos costos de manufactura	
		Tanque de acero inoxidable 304	Buena dosificación		
		En caso de no tener CO2, se puede utilizar un compresor Hogareño.	Aplicación en toda clase de árboles		
		Presión desde 1 bar - hasta 10 bares	Limpieza, inocuidad garantizada		
		Sistema de acople rápido	Aplicación directa a la savia del arbol		
		Pulverización y fumigación	Triple método de presurización		
		10lts	Válvulas de seguridad para la variación de presiones		
			Cero desperdicio de la dosis		
WEB: http://www.plagasonline.com.ar/equipos/detalle.php?id=31 WEB: http://www.injec-thor.com/metodo.html					

Marca/Producto/ País	Características	Ventajas	Desventajas	Año (creación empresa o producto)	
	endoterapia vegetal	Es una empresa que realiza tratamiento completo de plagas y enfermedades en arboles de corteza dura	Servicio completo diagnóstico, tratamiento, seguimiento	No presenta mucha información al respecto	Empresa 2003
	Servicio de tratamiento de árboles			Equipo complejo	
ESPAÑA			Materiales de poca producción		
WEB: http://www.endoterapiavegetal.com/					

Se busca dar un enfoque más industrial para el desarrollo de una nueva herramienta que permita introducir fertilizantes en el seudotallo de la planta, queriendo decir que la herramienta se utilice de forma intensiva en cultivos industrializados de alta producción

(donde surge la necesidad de reducir costos aplicando insumos de forma rápida y efectiva), a diferencia de las tecnologías de endoterapia vegetal anteriormente expuestas que se enfocan en pocos árboles y con el sólo objetivo de conservarlos, curandolos de alguna enfermedad, y a diferencia de las vacunadoras de veterinarias cuyos materiales no resisten insumos químicos utilizados por el sector agrícola¹⁹, ni tampoco cumplen con las condiciones de ergonomía para desempeñarse en este tipo de actividades de fertilización en frutales.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la herramienta se hace necesario, ya que se trata de disminuir los altos costos de fertilización debido a la dependencia de las materias primas externas (elementos mayores NPK, Nitrógeno, fósforo y potasio). Es de gran importancia buscar nuevas formas de realizar los procesos de fertilización en los cultivos ya que esto permitiría hacer un mejor aprovechamiento de los insumos (hasta un 50% en ahorro asumiéndose que la planta asimilara las cantidades inyectadas)²⁰ con nuevos productos desarrollables como un inyector de fertilizante.

Haciendo aprovechamiento de que plantas como el banano, el plátano y el bananito poseen un pseudotallo, resulta sumamente fácil acceder a los vasos vasculares de la planta ya que estos vasos vasculares movilizan el total de los nutrientes al interior de la planta; de esta forma se podrá garantizar que los nutrientes sean rápidamente asimilados por la planta, acortando los tiempos de producción, y dosificándolos para lograr homogeneidad en la producción.

Actualmente no existe ninguna herramienta inyectora que facilite la labor de una manera rápida, que dosifique las cantidades necesarias y que almacene el fertilizante en el contexto nacional.

¹⁹ Entrevista realizada a Ramón Avendaño, ver ANEXO A

²⁰ Según las pruebas realizadas por el experto Ramón Avendaño (de las cuales apenas se están realizando los estudios.

La pérdida de competitividad en el mercado del banano dentro del contexto internacional se ha convertido en motivo de cuidado por parte del gobierno, el ministerio del medioambiente y desarrollo rural ha puesto sus esfuerzos en promover y financiar el desarrollo de tecnología aplicada a la industria bananera y platanero²¹.

1.3 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Desarrollar una herramienta manual agrícola que garantice la inyección de fertilizante soluble al interior del pseudotallo de la planta del banano, mediante la aplicación de las diferentes herramientas propias de la ingeniería y el diseño, teniendo en cuenta el consumidor final y los procesos de producción industrial colombianos.

1.3.1 Objetivos específicos

- Investigar el estado del arte de las prácticas agrícolas de fertilización aplicadas actualmente, para definir el marco teórico de desarrollo, mediante el uso de fuentes de información secundaria.
- Clarificar el concepto mediante el uso de metodologías de diseño e ingeniería, para lograr una mejor definición del problema.
- Definir los diferentes subsistemas que intervienen en el producto e identificar sus relaciones funcionales y secuencias de uso, para dividir el problema en pequeñas partes para entenderlo mejor.
- Plantear, analizar y resolver los problemas de ingeniería y diseño presentes en el desarrollo del concepto, para dar cumplimiento a los requerimientos de diseño de producto planteados mediante el uso de herramientas como: sistemas CAD/CAM/CAE.
- Realizar síntesis formal para determinar que formas y colores se acomodan mejor al usuario y contexto del producto.
- Construir modelos funcionales y prototipos, mediante las tecnologías de prototipaje rápido, de máquinas de Control Numérico, para emplearlos en las pruebas de campo.

²¹ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

- Emplear pruebas con usuarios: para evaluar e interpretar los resultados de la funcionalidad de los prototipos y sus interacciones con el usuario (ergonomía).
- Desarrollo de la ingeniería detallada del concepto definitivo, bajo el apoyo del PDS.

1.4 ALCANCE Y PRODUCTOS

- Planos de Ingeniería del detalle del Modelo Funcional.
- Un modelo funcional con materiales lo más cercano al producto final.
- Resultados de los análisis de ingeniería necesarios para el óptimo desarrollo y producción.
- Construcción de prototipos para realizar pruebas de usuario y de campo.
- Documentación de la metodología planteada para el desarrollo de la herramienta.
- Representación 3D del concepto definitivo.
- Manual del usuario.

1.5 USUARIO, CONSUMIDOR Y CLIENTES²²

Usuario

El usuario se concentra en las zonas costeras tanto de la costa Pacífica como del Atlántico ubicado en las zonas de Urabá antioqueño y el departamento de Magdalena.

- Los Empleados de plantaciones Se caracterizan por trabajar allí por largos periodos de sus vidas, habiendo en las plantaciones formas de capacitarlos en las tareas para que se presente un aumento en la productividad. son personas que resultan sumamente eficientes en sus labores debido a su alta exposición en las mismas. El concepto de herramienta del presente proyecto puede

²² Ver anexo A. Investigación del sector y de mercado

interesarles para su salud ya que éste previene que los agroquímicos sean respirados por estar libres en el suelo.

- Técnicos e ingenieros agrónomos especializados en las labores del cultivo, donde intervienen en cada una de las etapas (siembra, fertilización, control de plagas y enfermedades, entre otros), se caracterizan por estar al tanto de las tecnologías y adoptarlas rápidamente, ejercen influencia directa en la decisión de compra del consumidor ya que son los que conocen la tecnología.

Consumidor

- Dueño de grandes tierras (promedio de 70 Ha): al igual que el anterior, con poder considerable de adquisición, puede ser un potencial comprador de herramientas encaminadas al aumento de la capacidad de producción, ahorro y calidad de sus productos. El dueño de la finca quien tiene el poder de decisión para la compra de dichos productos puede encontrarse ya sea en la finca, o en la ciudad. De todos modos es una persona que por lo general está con frecuencia en las grandes ciudades para facilitar la comercialización de sus productos.
- Dueños de pequeñas plantaciones (menos de 10 Ha): Se sustentan de su cultivo tanto él como un pequeño personal de la plantación (puede ser su familia o relacionados cercanos). En estas plantaciones el nivel de tecnología es bajo y el principal incentivador de ésta, es el gobierno, quien les da capacitaciones y créditos. El gobierno puede, mediante mecanismos de apoyo, lograr una transferencia de tecnología por medio de licitaciones; lo que sería uno de los mecanismos como estos usuarios pudieran adquirir este nuevo sistema.

Clientes

- Contratistas: empresas que intervienen en las plantaciones con la mano de obra especializada en todas las labores del cultivo a manera de servicio donde aportan su conocimiento, equipos y herramientas necesarias para llevar a cabo las actividades con calidad.

- Los bananeros realizan asociaciones y agremiaciones para enfocar sus esfuerzos al bien común de la exportación, estas le indican a los productores la calidad de los productos que se solicitan en los mercados internacionales y definen las practicas agropecuarias que se deben realizar en las plantaciones. La nueva práctica puede ser definida por éstos grupos como una buena práctica y así difundir el uso del procedimiento de fertilización directamente en el pseudotallo y promocionar la herramienta.

1.6 CONTEXTO²³

1.6.1 Contexto regional

Por motivos del alcance del proyecto, se tomarán como usuarios todos aquellos que se encuentren concentrados en los sectores del Urabá Antioqueño y del departamento del Magdalena ya que son las regiones bananeras más importantes del país.

Estas zonas son de altas temperaturas (temperatura promedio de 24 °C a 29 °C respectivamente), se consideran zonas costeras tropicales ya que se encuentran grandes concentraciones de sal marina en el ambiente, lo que favorece las condiciones del suelo pero afecta los productos metálicos en cuanto a la corrosión

- **Magdalena**

El sector Agropecuario, silvicultura, caza y pesca se mantuvo como la principal actividad económica en Magdalena, con una participación del 33%. Del área dedicada a esta actividad (1,672 mil ha.), el 10% corresponde a Agricultura, el 80% a Ganadería y el 10% restante corresponde a bosques marginalmente cultivables.

Dentro de la superficie cultivable, el 65% se dedica a cultivos permanentes, entre los cultivos que se destacan Palma africana, Banano y Café.

²³GOBERNACION DEL MAGDALENA.[documento electrónico].
<<http://www.magdalena.gov.co/index.shtml>> Magdalena: Gobernación.citado el 8 Mayo de 2009.
FUNDACION VIZTAZ.[documento electrónico]. <<http://www.viztaz.com.co/puebli/entrada/geura.htm>>
Medellín: Gobernación.citado el 8 Mayo de 2009

Las cosechas de banano son permanentes por lo que las labores son de continuo esfuerzo a través de todo el año.

Problemáticas

- Inequidad y exclusión social
- Inseguridad, violencia y amenazas a la convivencia pacífica
- Economía poco competitiva.
- Relación conflictiva con los recursos naturales y los ecosistemas (deterioro del capital natural).

- **Urabá**

Municipios: Zona Norte Arboletes, Necoclí, San Juan de Urabá y San Pedro de Urabá, Zona Centro Apartadó, Carepa, Chigorodó Mutatá y Turbo, Zona Atrato Medio Murindó y Vigía del Fuerte.

Una característica demográfica es que ésta región se compone de una población indígena ubicada en 9 municipios de la región de Urabá, concentrada en resguardos y comunidades con un total de 7.568 indígenas, que representan el 34.52% de la población indígena total del Departamento y de una población afrocolombiana que se concentra en Murindó con un 97% y Vigía del Fuerte un 94% donde se registran los mayores porcentajes de población.

La población rural se dedica en su mayoría a la producción de banano, madera y ganadería.

La actividad bananera de la región se consolida con una firme infraestructura de comercialización en el exterior para la distribución directa en los países de destino: C.I. Unibán con su filial en Miami, Turbana Corporation y C.I. Banacol en Europa con Banana Marketing y en EEUU con Banana Services. Probán a su vez tiene en Europa a Tropical Marketing Associated.

Además del banano se han desarrollado actividades económicas, como la producción de plátano para exportación.

1.6.2 Contexto dentro de las fincas bananeras

En el cultivo del banano se destaca el uso del cable vía (ver gráfica 5), el cual es un sistema de transporte que utiliza un cable tensado de acero y una serie de elementos estructurales. Este sistema permite transportar internamente los productos de cosecha en las plantaciones de banano y plátano, hacia las salas de clasificación (o postcosechas) o centros de Acopio, después de ser cultivados y cortados. Utilizado cuando se requiere movilizar los productos por largas extensiones, estrechos espacios, ondulados e irregulares terrenos. También se usa para el movimiento de materiales o insumos en los cultivos.

Gráfica 5: cable vía para el transporte interno en el cultivo del banano



La gráfica 6 muestra el ambiente que vive a diario el usuario dentro de su finca, permitiendo evidenciar el espacio rústico pero amplio de trabajo.

Gráfica 6: Contexto de las herramientas en las fincas



1.7 Especificaciones de Diseño de Producto, PDS²⁴

De acuerdo a la información recopilada hasta el momento se establecen unas especificaciones que debe cumplir el producto, estas especificaciones se obtienen de analizar el contexto, el usuario, los productos de la competencia, el mercado, las entrevistas a expertos, las partes interesadas, entre otros. Cabe destacar aquí que estas especificaciones se actualizan constantemente durante todo el proceso de diseño y desarrollo de productos, ya que las necesidades pueden cambiar y a medida que se realizan pruebas de producto se establecen nuevas especificaciones o se actualizan los criterios previamente establecidos.

En la siguiente tabla 4 se presenta el desarrollo de las especificaciones de diseño de producto en el formato de Ulrich y Eppinger:

²⁴ Para mayor claridad remítase al Anexo PDS

Tabla 4: Especificaciones de Diseño de Productos

	Necesidades	Interpretación	Métrica	Unidad	Valor	mp	D/d
Desempeño	Que sea eficiente en la aplicación	El producto garantiza eficiencia en la aplicación	Hectarea/persona/jornal	Cantidad	1- 2	5	D
	Que me permita la entrada desde varios ángulos de inyección	El producto permite el fácil acceso a la planta	Angulo de entrada hacia abajo	grados	45	5	D
			Altura de aplicación	mts	0.30 - 1	5	D
	Que inyecte abonos mayormente solubles y medianamente viscosos	El producto inyecta líquidos con un rango de solubilidad y viscosidad	Solubilidad agua	%	100	4	D
			Rugosidad	µm	≤ 0,2	5	D
			Escala viscosidad pascal-segundo	Pa.s	8.94x10 ⁻⁴ - 0.081	5	D
	Que aplique la dosis necesaria de fertilizante	El producto establece dosis de concentración determinada	Dosis de cada aplicación	ml	≤ 50	5	D
	Que la aguja no se parta en la mata	El elemento de inyección con la mata es resistente a la flexión	Fuerza	kN	1	5	D
	Que se perfora fácilmente	La herramienta accesa al árbol fácilmente	Fuerza de acceso	N	50	d	D
	Que sea resistente a la aplicación continua	El producto es resistente a esfuerzos continuos de fatiga	Fatiga	Número de Ciclos	1.000.000	5	D
Que sea de fácil manejo	El producto requiere de fuerza de accionamiento apta para un trabajo mínimo de 8 horas/día	Distribución de fuerza	Nº agarres	2	4	D	
		El producto indica al usuario su correcto uso intuitivo	Instrucciones de uso	Cantidad	1	4	D
La maleta debe permitir el almacenamiento de diferentes envases y bolsas (ej. BAG in BOX) de fertilizantes	La herramienta permite el almacenamiento adecuado del fertilizante utilizado	Número de elementos a utilizar	Cantidad	X<2	5	D	
Que rinda bastante	El producto tiene un rendimiento óptimo	Rendimiento de sustancia	Lts/Ha.	20	5	D	
Mantenimiento	Que sea de fácil ensamble	El producto cuenta con un número mínimo de piezas	Partes	Cantidad	5 a 20	3	D
		El producto se ensambla en un número de pasos mínimo	Pasos	Cantidad	≤ 10	3	D
Ergonomía	Que este desarrollado para un cliente objetivo	La herramienta esta desarrollada y requiere ser usada por un usuario según rango de edad definido	Edad usuario	años	18 a 45	2	d
	Que no pese mucho	El producto cuenta con un peso acorde a una herramienta y a un almacenamiento de ciclo repetitivo manual	Peso almacenamiento abono (En vacío)	Kg.	X ≤ 2	2	d
			Peso almacenamiento con sustancias (anexo p.8)	Kg.	X ≤ 23	5	D
			Peso herramienta	Kg.	X ≤ 1	4	D
			Almacenamiento	Lts.	5 ≤ X ≤ 20	5	D
	Que no sea muy grande	El producto tiene un Diámetro de agarre fijado por la CCOHS*	Diámetro de agarre	mts	0.03<X<0.05	3	D
Largo del agarre			mts	0.10			
Que sea fácil de entender su uso	El producto cuenta con símbolos y comandos coherentes en apariencia y función	Tabla señales indicativas	ver informe final señales indicativas		4	D	

Tabla 4: continuación

	Necesidades	Interpretación	Métrica	Unidad	Valor	mp	D/d
Ergonomía	Que las cargaderas no tallen	Los materiales del sistema de almacenamiento permiten una postura	Materiales	Anexo materiales	-	2	D
	Que no me canse rápido	El producto previene el cansancio muscular en el corto tiempo	Ver anexo C ergonomía				
	Que no me permita hacer malas posturas	La herramienta permite agarres rectos tal como lo indica CCOHS	Ver anexo C ergonomía				
Seguridad	Que indique cuando se puede correr riesgos	La herramienta cuenta con señales que indican precaución	Colores Formas	por definir		3	d
	Que se alcance fácilmente la altura de inyección	la altura a la q se acciona el producto se especifica en instrucciones según edades	Altura de aplicación	m	0.75 a 1	2	d
Materiales	Que sea resistente a condiciones externas del ambiente	El producto cuenta con materiales resistente a intemperie y la humedad de la zona	Resistentes a humedad relativa	2500mm/anauales		4	D
			Resistencia a químicos	ver tabla de corrosión el informe final		4	D
	Que sea resistente a caídas y golpes inesperados	El producto se compone de material resistente al impacto	Materiales	PP, PEHD, Materiales compuesto otros por	Anexos D materiales	3	D
	Que pueda tener colores	El producto cuenta con colores en carcasa	Materiales que permiten color	Pantone	ver tabla	3	d
	Que no se me dañe por el uso de químicos	El material es resistente a la corrosividad de las sustancias como: Macroelementos y microelementos	Tabla de corrosión	-	-	5	D
	Que no se me dañe por el uso continuo	Los materiales son resistentes a la temperatura generada por fricción	Temperatura	Centigrados	190	5	D
	Que no se me dañe por el calor del sol	Los materiales son resistentes a la temperatura de ambiente	Temperatura	Centigrados	5 - 40 .	5	D
	Que los materiales resistentes	El materiales son resistentes de acuerdo a las siguientes condiciones:	Velocidad inyección	cm/s	0.2-0.7	4	D
			Fuerza inyección	N	50-90	4	D
			Fuerza penetración	N	22- 25	4	D
Costos y Limitación Usuario	Que lo sepa usar el campesino	El producto posee un lenguaje formal apropiado para el tipo de usuario al que va dirigido	Subjetivo	Subjetivo	-		D 4
	Que este terminado para Abril 2010	El producto se desarrolla en un tiempo máximo establecido	Tiempo	Fecha entrega	Abril – 2010	4	d
	El producto debe ser barato para el tipo de consumidor	Los costos se reducen por el uso de energía de bajo costo	esfuerzo humano	N	90		
la consecución de repuestos y otros tipos de energías son escasos en	El producto utiliza la fuerza humana como fuente de energía	5					

Los aspectos más relevantes que debería cumplir una fertilización directa serían:

Rapidez en la aplicación, dosificación y medición del aplicado, que no lastime la planta, que no requiera mayores esfuerzos que la actual práctica, facilidad de transporte del aplicado a través de la plantación, que el intervalo del aplicado sea corto entre planta y planta, que sea de fácil aplicación y dosificación, resistente, y que se realice a bajos costos.

2. DESARROLLO DEL CONCEPTO

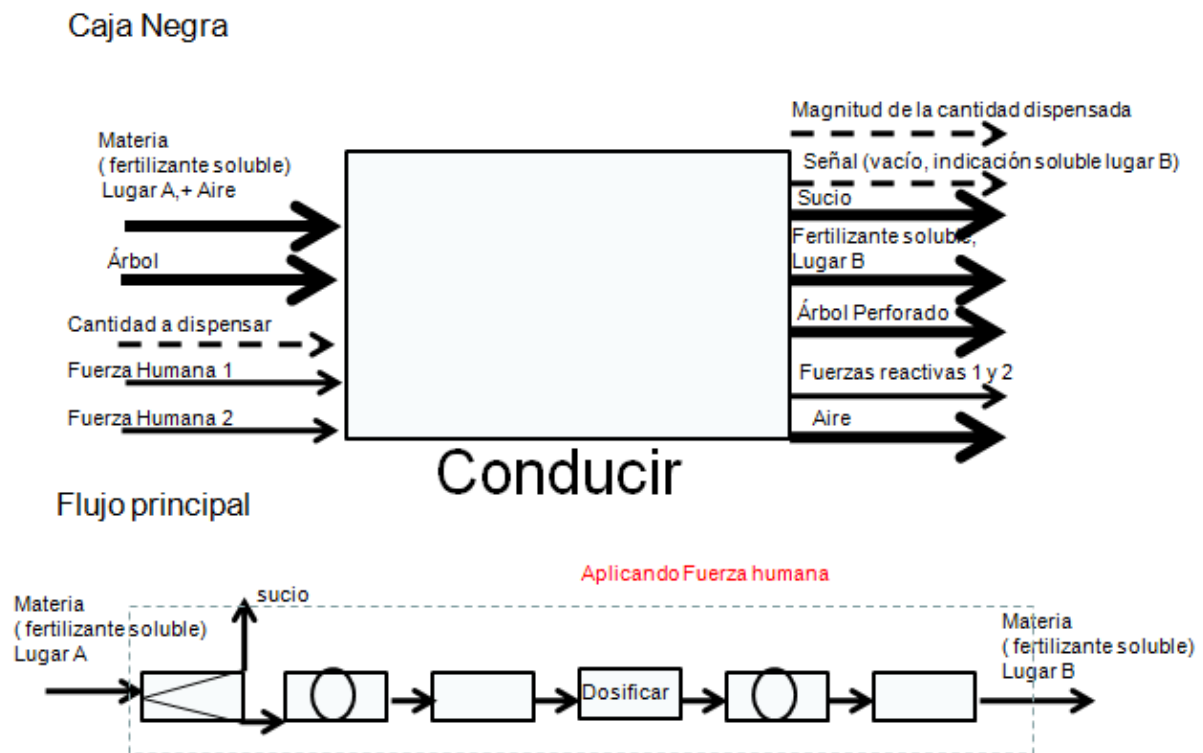
2.1 GENERACIÓN DEL CONCEPTO

2.1.1 Aclarar el problema

- **Caja Negra**

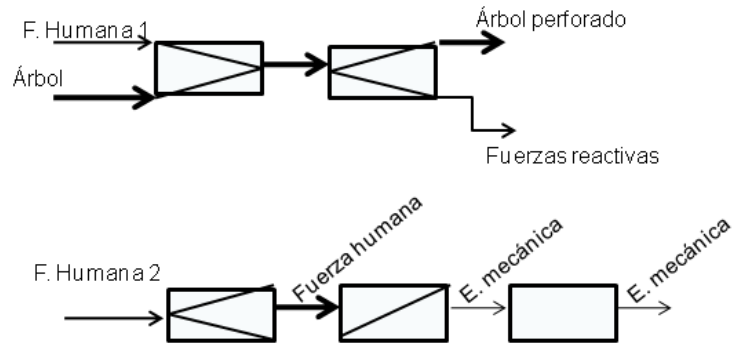
A continuación la gráfica 7 presenta la Caja negra para el producto a desarrollar según el modelo propuesto por Palh y Beitz, se ha determinado que el flujo principal es Conducir materia en este caso una sustancia hasta el interior de la planta de banano, considerándose dentro de la categoría de producto como: “aparato”.

Gráfica 7: Caja negra básica del producto en desarrollo



Gráfica _7: Continuación

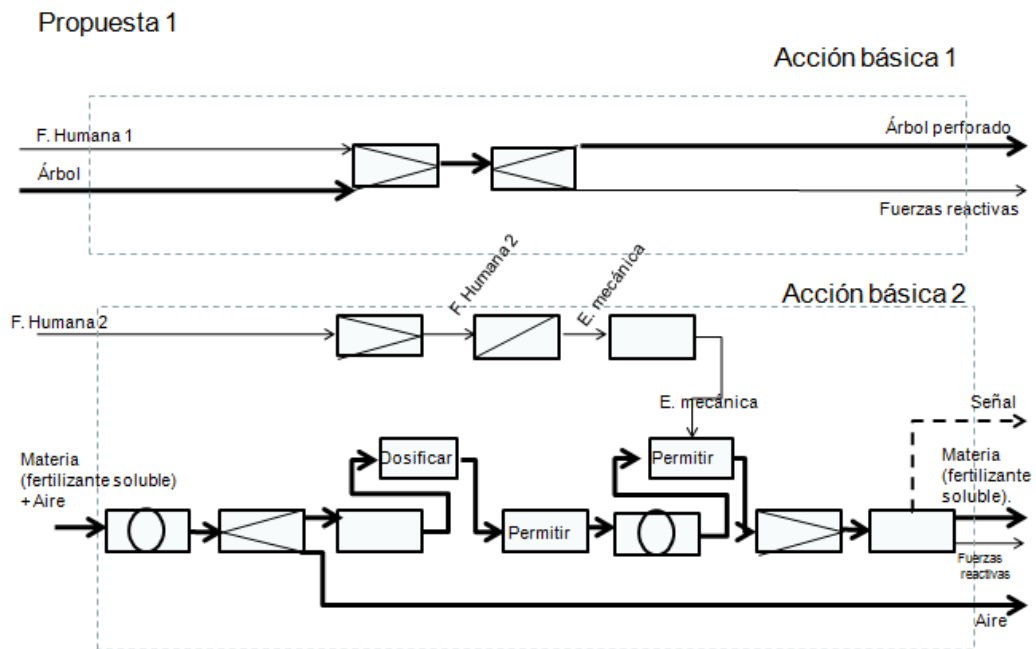
Cadenas de la función de energía



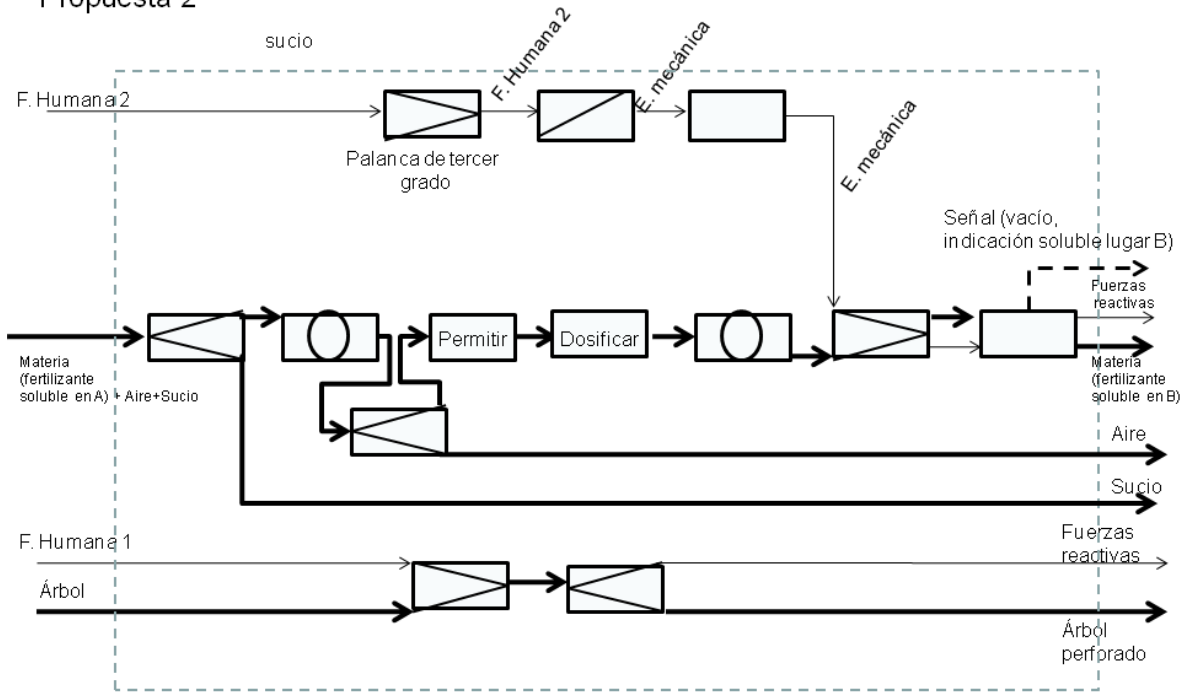
• Estructura Funcional

Se busca aclarar el funcionamiento del producto reduciendo éste a funciones básicas descomponiendo el problema en sub-problemas básicos, ver gráfica 8 que facilitan la generación de ideas y soluciones al entender mejor la relación de cada sub-función:

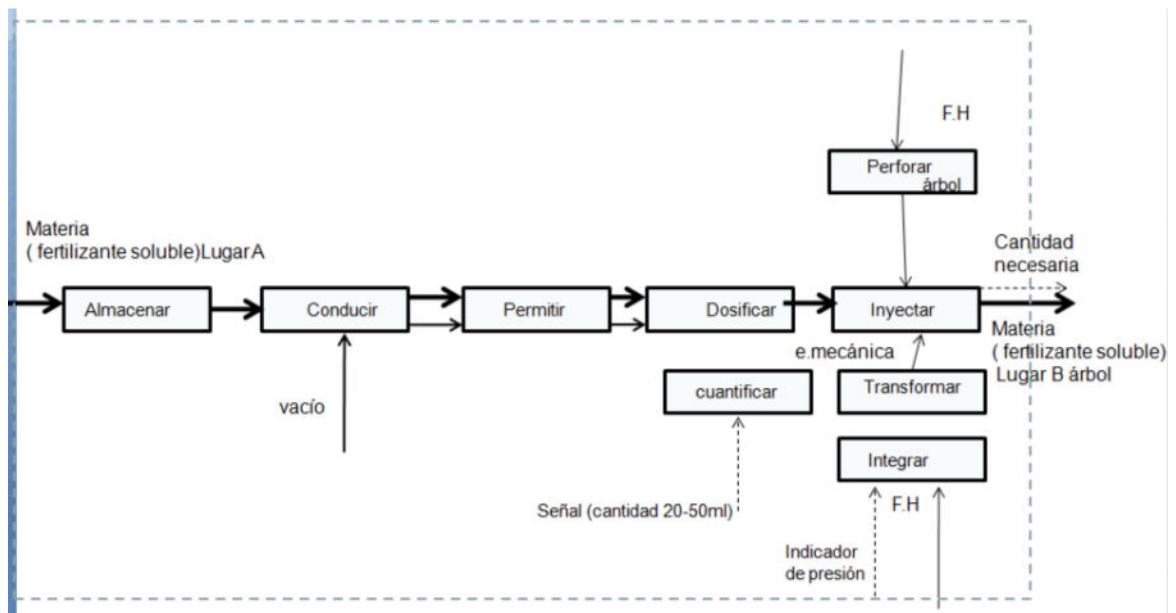
Gráfica 8: Propuestas de estructuras funcionales



Propuesta 2



Estructura funcional (Propuesta 3)



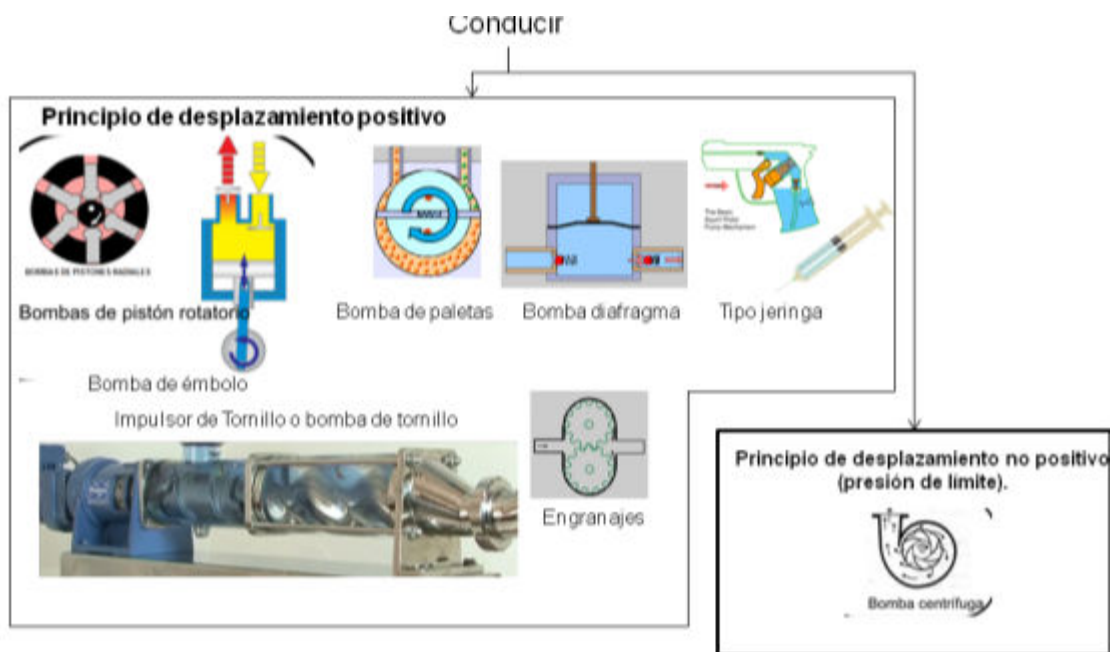
Las tres propuestas de estructuras funcionales previamente especificadas representan tres maneras de entender e interpretar el producto y sus funciones las tres pueden ser

válidas, pero por decisión del autor se opta por la **propuesta 1** ya que esta estructura funcional detalla las acciones básicas que debe realizar el producto en la práctica.

- **Árbol de clarificación de conceptos**

Siendo la función **Conducir (gráfica 9)** la más importante para la herramienta a desarrollar, se busca entonces clarificar aún más las posibles soluciones para dicha función:

Gráfica 9: Árbol de funciones



Así se tienen dos principios: desplazamiento positivo y el principio de desplazamiento no positivo, los cuales se tendrán en cuenta para la elaboración de alternativas.

2.1.2 Buscar externamente

- **Usuarios líderes, expertos²⁵:**

Ramón Avendaño es un usuario Líder que siempre busca nuevas formas de aplicar nutrientes a las plantas de banano, dispone de amplia experiencia en el sector

²⁵ VER ANEXO A: Investigación del sector

bananero en Urabá. Realizando pruebas de inyección a dichas plantas con algunas herramientas encuentra que su principal problema es que la herramienta utilizada no tiene un sistema almacenamiento apropiado para realizar un abastecimiento continuo, por lo que utiliza recipientes abiertos como soluciones de primera mano (ej.: pequeños recipientes de plástico y baldes) por lo que genera incomodidad al soportar peso en las manos por periodos prolongados y además se deben transportar con cuidado para evitar pérdidas de fertilizante al suelo. Como se puede observar en la (gráfica 10), se utiliza también jeringas convencionales que son ampliamente utilizadas para aplicaciones veterinarias, pero generan problemas debido son poco eficientes para la nueva aplicación además los materiales no están pensados para resistir el ataque químico de insumos agrícolas (ej. Ácido fosfórico, úrea) donde según el Ing. Ramón se hace evidente dicho problema en el desgaste de los empaques del émbolo de la jeringa.

Gráfica 10: Persona aplicando fertilizantes con una jeringa de uso continuo tipo pecuaria. Imagen adjunta: Persona aplicando fertilizantes y fungicidas con una jeringa convencional.

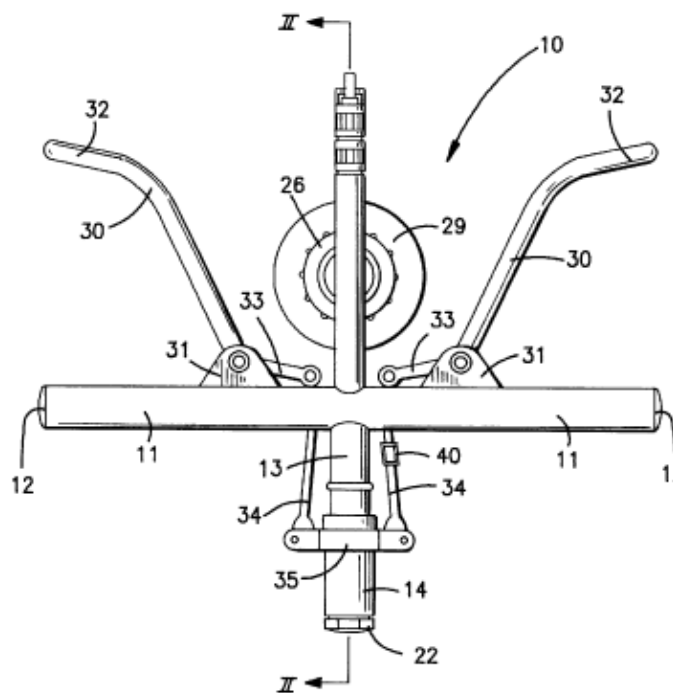


- **Patentes²⁶:**

En el campo de las patentes se han investigado las más importantes²⁷ para el desarrollo de la herramienta que son las siguientes, haciéndose énfasis en inventos relacionados con árboles de corteza dura.

En la gráfica 11, se presenta un invento que consiste en una pistola se utiliza con las dos manos permitiendo una aplicación con menor esfuerzo, además cuenta con el principio de palanca de primer grado por lo que el desplazamiento del pistón para líquidos es menor que el desplazamiento de las manos pero hay ganancia mecánica, además permite inyectar árboles de corteza dura sin necesidad de perforar, por lo que el procedimiento se realiza en menor tiempo mejorando la eficiencia de la aplicación, una *desventaja de esta herramienta es que la dosis de aplicación es muy pequeña*.

Gráfica 11: Patentes reciente de productos de inyección en árboles de corteza dura, Patente US 5901498.



²⁶ Óp. cit. ULRICH, pág. 285

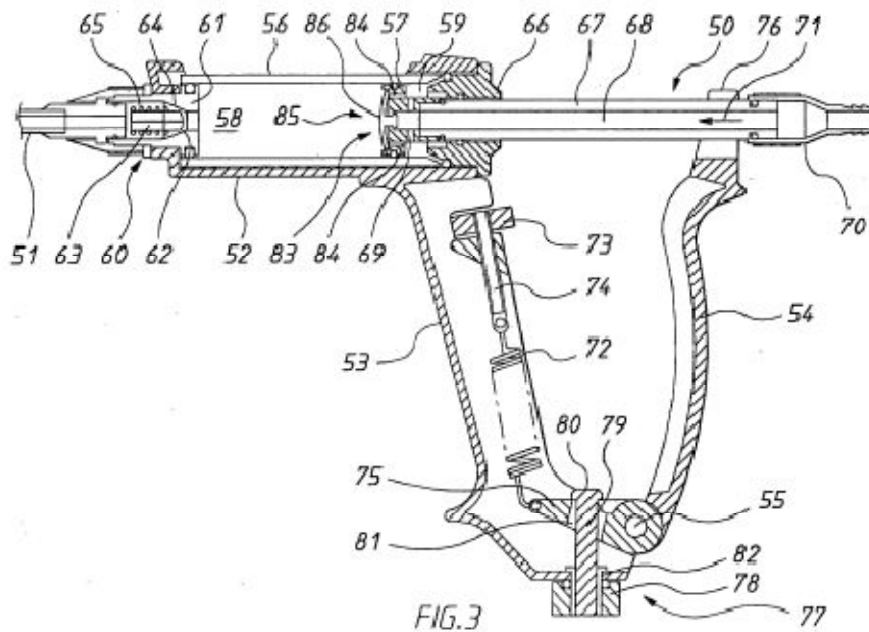
²⁷ Ver Anexo G: desarrollo de concepto, estado de la técnica en materia de patentes.

Patente Inyector de salsas (AU199871974):

Aplicador manual, para conducir líquidos viscosos como cremas, salsas, o mostaza (gráfica 12) Está compuesto por un pistón, un ensamble del cilindro, el pistón posee una válvula de no retorno que permite el paso del líquido en una sola dirección. Este arreglo permite minimizar la presión requerida por el operario al momento de manipular el aplicador entregando el líquido viscoso.

Muchas veces sucede al momento de concebir un invento para una industria específicamente no necesariamente su explotación industrial se da para dicha industria, este es el caso del invento aquí presentado, en donde fue enfocado inicialmente para dispensar e inyectar salsas en puestos de comidas rápidas, pero su explotación industrial se presentó de manera exitosa como vacunadora veterinaria.

Gráfica 12: inyectora de salsas, AU199871974

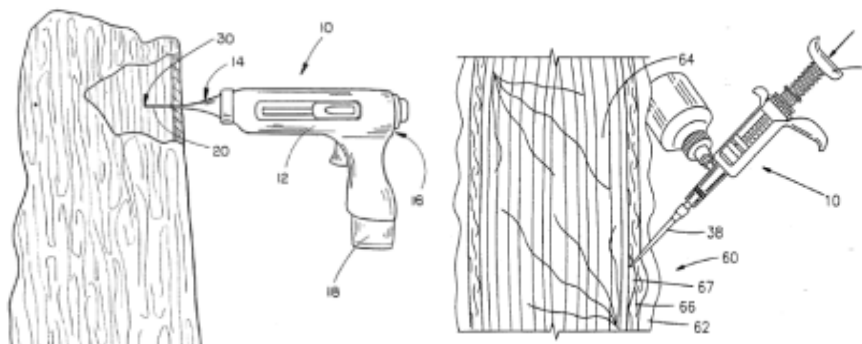


El anterior aplicador es cómodo, lleva 20 años utilizándose de la misma manera con pocas variaciones, el émbolo sirve a la vez de medio conductor para los líquidos a los cuales se conecta una manguera que a su vez se conecta a un sistema de almacenamiento, el resorte en la parte inferior permite el retorno de la jeringa a su estado inicial para ser presionada nuevamente, la dosificación es variable mediante el uso de una rosca que empuja el émbolo hacia adentro y hacia afuera según la cantidad que se necesite aplicar para cada lote de animales (en este caso) de una droga en específico (ejemplo: 5ml. de medicina para cada animal).

La información de las patentes anteriores presentan los atributos y los aspectos más importantes a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto, pero también es necesario tener en cuenta información de otras patentes que se enfocan sólo en el diseño de las agujas, (ver gráfica 13).

Dependiendo del diseño de las agujas, se facilita el procedimiento de aplicación de sustancias, en algunas propuestas se pueden dejar las agujas adentro del árbol cuyo material no causa daño alguno a éste, en otros casos las geometrías de las piezas también son convenientes tal como se muestran a continuación²⁸:

Gráfica 13: patente de inyección inmediata al árbol y diseño de agujas



²⁸ Tomado de las patentes de invención: “US5239773”, “US2002/0046486 A1”, “US7165357”, “US4705218”, “US_5727484”, “tree injector system” “**US5239773**”.

Gráfica 13: continuación

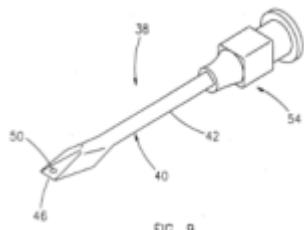


FIG. 9

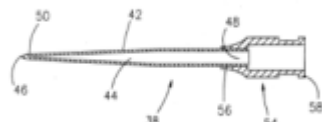


FIG. 10

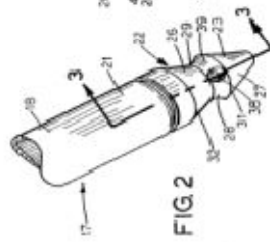
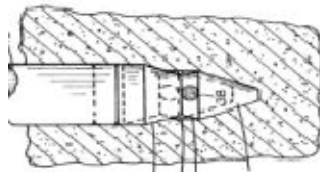


FIG. 2

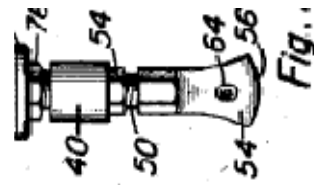


Fig. 1

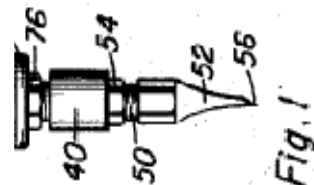


Fig. 1

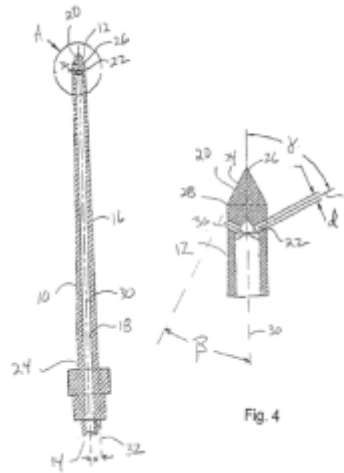


Fig. 4

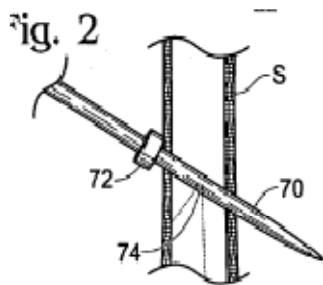
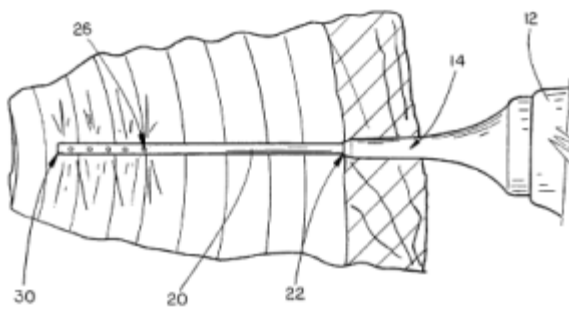


Fig. 2



- **Literatura**

Se requiere también clarificar algunos problemas como la relación producto-usuario y más cuando se habla de herramientas industriales, por lo que el autor requiere de conocimientos e investigación en el campo de la ergonomía:

Investigación sobre ergonomía²⁹

Se tiene como objetivo principal para el desarrollo de la herramienta inyectora determinar los requerimientos y las restricciones que la ergonomía establece para permitir que el desarrollo del producto se adapte de forma óptima al usuario en cuanto la seguridad, la salud, desempeño y confort.

Consideraciones a tener en cuenta³⁰

- El peso total del producto más el fertilizante no debe sobrepasar los 23Kg.
- Se debe dejar claro que el usuario debe tomar descansos distribuidos durante el periodo de trabajo (ej. Si es de 8 horas), no un solo descanso al final.
- Es importante saber que la herramienta que se utiliza de forma repetitiva durante la jornada de trabajo no exceda un kilogramo de peso. (Ej. En el caso de herramientas manuales).
- Se debe garantizar un agarre directo en la muñeca para no permitir que ocurran lesiones o movimientos que afecten los ligamentos, uniones o músculos de los brazos y muñecas.
- Con excepción de las herramientas para trabajo de precisión (herramientas de relojería o microcirugías, los agarres y manijas de las herramientas manuales deben ser rediseñadas para un agarre fuerte. La creencia de que las

²⁹ Ver anexo E: estudio de ergonomía

³⁰ DUL, Jan y WEERDMEEESTER, Bernard. "Ergonomics for Begginers a quick reference guide", CRC Press Taylor Francis Group, 2008, Tercera edición, p.147
CANADIAN centre for occupational health and safety. [documento electrónico]. Canadá: CCOHS.
<<http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/handtools/tooldesign.html>> citado el 15 de Octubre 2009

herramientas pequeñas deben de tener pequeñas manijas y las herramientas grandes agarres grandes es debatible.

- Tener en cuenta la separación entre manijas si son dos la medida debe estar entre 50mm y 65mm. Si es más o menos del rango de medida puede ser dañino para la salud del usuario.
- El mantenimiento de la herramienta es importante ya que incrementa el esfuerzo aplicado (a veces por un factor de 10), se debe mantener la herramienta en muy buen estado.
- El arrastre de la herramienta debe ser por forma en vez de por fricción.
- Se debe tratar de buscar que los codos se encuentren cerca del tronco.
- Diámetro: los agarres deben ser cilíndricos o de forma ovalada en la sección de corte, con un diámetro de 30mm a 45mm, para trabajos de precisión se recomienda diámetros de 5mm y 12mm, para un mejor torque aplicado como llaves hexagonales grandes el diámetro de la manija debe de ser de 50mm a 60mm (anexo E p.8).
- Separación entre manijas: la distancia recomendadas para herramientas de diferentes distancias debe ser de 50mm y 65mm. Tanto para mujeres como para hombres, herramientas que abarquen más o menos de ésta medida reducirá la fuerza de agarre máxima, y puede contribuir la generación del síndrome del túnel carpiano.

Materiales y texturas de los agarres

Para asegurar un buen agarre de la manija, debe de haber suficiente fricción entre la mano y la manija. Esto es particularmente importante donde en la aplicación intervenga sudoración de las manos. Las manijas de las herramientas deben estar hechas de materiales que no resbalen, no sean conductivos y compresibles, por ejemplo el caucho texturizado, provee un buen agarre, reduce el esfuerzo necesario para usar la herramienta efectivamente y previene la herramienta de resbalarse de la mano. Acabados con recubrimientos brillantes y manijas altamente pulidas deben ser evitadas,

manijas hechas de caucho o de plástico son recomendadas. Los bordes filosos y contornos deben ser cubiertas con cinta para prevenir laceraciones en la piel.

En conclusión cuando se selecciona una herramienta es importante tener en cuenta finalmente:

- Reducir la fuerza de agarre al máximo
- Evitar malas posiciones
- Evite movimientos repetitivos donde sea necesario
- Utilice materiales adecuados

Consideraciones para el uso de la mochila:

- Utilice las cargaderas amobladas con espuma un poco anchas, úsela en ambos hombros, y que las cargaderas sean de más o menos 5cm de ancho.
- Para el recorrido de distancias largas, utilice la correa de la cintura, ayuda a distribuir la carga.
- La mochila debe ser fácil de transportar (la ruedas son una buena invención).
- Distribuya uniformemente la carga y evite utilizar mochilas muy grandes, esto permitiría que la carga cambie de posición dentro de la maleta.

- **Benchmarking de productos relacionados**

Se tienen en cuenta las empresas que comercializan herramientas industriales y veterinarias mencionadas anteriormente. (Ver punto 1.1.3).

2.1.3 Buscar internamente³¹

La búsqueda interna consiste en el uso de conocimiento y creatividad personal y de equipo para generar conceptos solución, teniendo en cuenta los siguientes lineamientos: postergar el juicio, generar muchas ideas, dar bienvenida a ideas que no

31

En la siguiente gráfica 16 se continua con la exploración de las posibles configuraciones y de la forma de cómo a la herramienta se le puede aplicar la fuerza humana con el fin de obtener una ventaja mecánica que contribuya a un menor esfuerzo por parte del usuario. A su vez se hacen los primeros acercamientos a la forma del producto de acuerdo a su función, de acuerdo al principio de diseño: “la forma sigue a la función”:

También se realizó una exploración formal de la mochila, gráfica 18: o tanque de almacenamiento en paralelo con la pistola teniéndose en cuenta todos los criterios y aspectos del PDS sobretodo los aspectos de ergonomía previamente estudiados.

Se determinan las uniones entre el componente de almacenamiento

Gráfica 17: exploración formal y funcional del almacenamiento del concepto



La emoción es la fuerza, se ha determinado por la investigación de mercados que los productos y herramientas enfocados al sector rural requieren de alta resistencia: al clima, al maltrato y al uso de sustancias químicas altamente corrosivas, por lo que el producto en su aspecto visual y funcional debe provocar dicha emoción en el usuario.

Referente
formal

**Motocicletas
enduro**



Por su vínculo con el usuario al cual se dirige el presente proyecto, además por la sus formas, su **modularidad**, capacidad de adaptarse, fuerza y resistencia a las condiciones agrestes, las motocicletas tipo: enduro, tienen una gran diversidad de colores y formas que conservan un lenguaje formal, coherente y característico en cada diseño.

USABILIDAD



Son productos que se han utilizado en otras industrias y que bien se puede tomar como referencia para el desarrollo del concepto del presente proyecto de grado.

COLORES



Aplicables en los elementos estructurales y de soporte del producto



Colores representativos en las herramientas del sector, de las cuales el Usuario se encuentra acostumbrado, por lo que se acomodan al contexto



Colores que incitan a la actividad y sirven como señales indicativas en máquinas y herramientas.

- **Texturas**

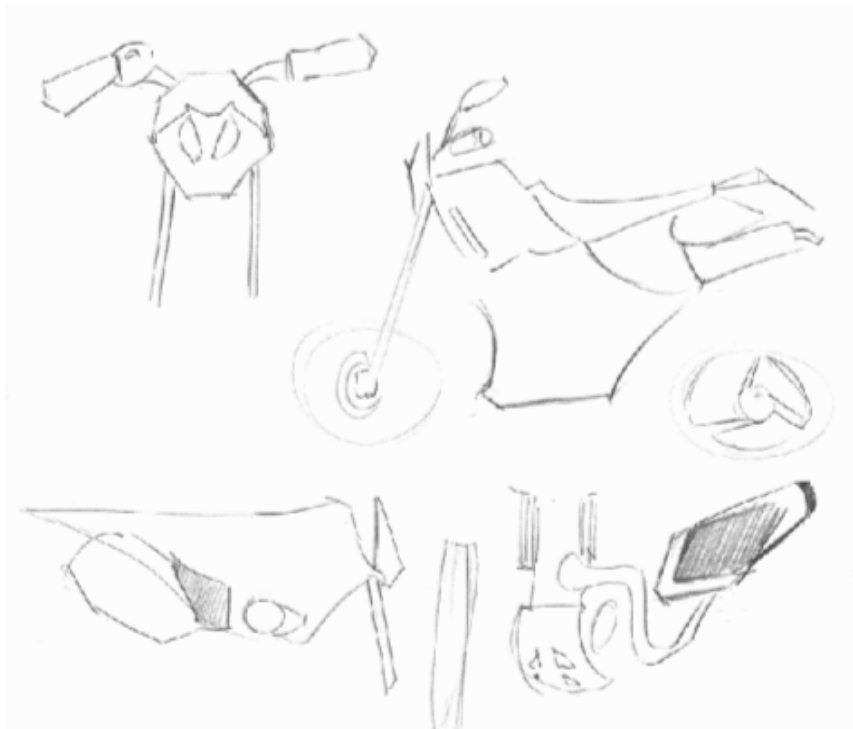
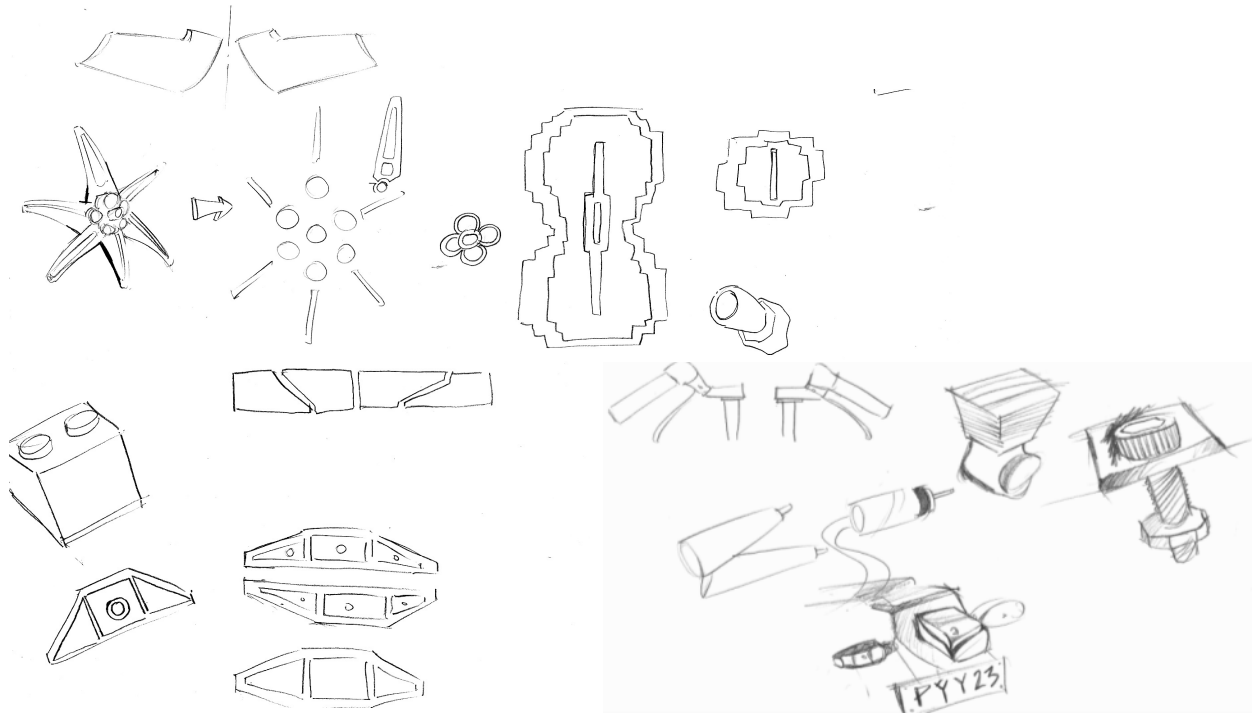
Las texturas rugosas predominan en el sector rural ya que algunas frutas y cortezas de los árboles se constituyen de esta forma. Además de que la labor del campo demanda un trabajo duro y un desgaste físico mayor que cualquier otro tipo de trabajo realizado, el usuario también entonces, estar en contacto con texturas, lisas, amobladas y cómodas para facilitar su labor en el cultivo.



- **EXPLORACIÓN FORMAL**

Tomando el referente formal se procede a realizar abstracciones formales y explorarlas Gráfica 19, complementando el proceso creativo para las propuestas definitivas:

Gráfica 18: Exploración formal



2.1.5 Propuestas de materiales³³

Los posibles materiales para el desarrollo de la herramienta se definen gracias a tres criterios principalmente:

- De acuerdo al tipo de líquidos que se van a manipular en la fertilización: que son ácido fosfórico, Urea y potasio, macroelementos secundarios como: azufre, calcio, magnesio. también se debe de tener en cuenta micro-elementos como: Zinc, cobre, hierro, magnesio, molibdeno, cloro, cobalto, boro. (ver requisitos del PDS)
- Condiciones del contexto como lo es la temperatura del ambiente.
- Criterios de manufactura y costos.
- Materiales de los productos de la competencia

Cabe aclarar aquí, que se deben desarrollar propuestas de materiales tanto para el producto final como para el prototipo con materiales aproximados a las propiedades y características del producto final debido a que en muchos casos el proceso de elaboración del producto final (ejemplo moldeo por inyección) requieren de una alta inversión que para la elaboración de un prototipo no sería viable realizar.

- **Posibles materiales para el desarrollo de la herramienta (producto final):
PE (polietileno)**

Por sus características como bajo costo, fácil consecución en el mercado local y fácil procesamiento, también lo hace atractivo por su resistencia a la corrosión de ciertos químicos, además es aprobado por la FDA para alimentos. El PE puede ser transparente, translucido u opaco. Resistencia excelente frente a ácidos, aceites y grasas. Resistencia moderada a hidrocarburos y productos oxidantes.

Otras características relativas a otros polímeros

- Resistente a la corrosión

³³ Ver ANEXO D: Materiales y Procesos

- Elástico
- Capacidad de recuperación
- Contiene la humedad
- Por su bajo costo

A continuación se muestra en la tabla 5, algunas características y propiedades del material³⁴:

Tabla 5: propiedades del PE

TABLE 8.3 (continued): (i) polyethylene.

	Polyethylene: $(C_2H_4)_n$ (low density)	$(C_2H_4)_n$ (high density)
Symbol:	LDPE	HDPE
Polymerization method:	Addition	Addition
Degree of crystallinity:	55% typical	92% typical
Modulus of elasticity:	140 MPa (20,000 lb/in ²)	700 MPa (100,000 lb/in ²)
Tensile strength:	15 MPa (2,000 lb/in ²)	30 MPa (4,000 lb/in ²)
Elongation:	100–500%	20–100%
Specific gravity:	0.92	0.96
Glass transition temperature:	–100°C (–148°F)	–115°C (–175°F)
Melting temperature:	115°C (240°F)	135°C (275°F)
Approximate market share:	About 20%	About 15%

PP (polipropileno)

El PP estándar de bajo costo, mucho más recio y duro que el PE, tiene buenas propiedades que lo hacen especial como la capacidad de manejar una gran variedad de colores y transparencias, es de bajo peso molecular (densidad menor) y dúctil, además se puede utilizar a temperaturas más altas que las del PE (T_m 165- 170 °C), posee buena resistencia al agua y es aprobada por la FDA, su resistencia a la corrosión es alta.

³⁴ GROOVER, Mikell. "Fundamentals of modern manufacturing materials, processes and systems". Jhon Wiley and sons. Tercera edición, USA, 2007. P.160

Características y propiedades del material³⁵:

TABLE 8.3 (continued): (j) polypropylene.

Polymer:	Polypropylene (C ₃ H ₆) _n	Elongation:	10%–500% ^a
Symbol:	PP	Specific gravity:	0.90
Polymerization method:	Addition	Glass transition temperature:	–20°C (–4°F)
Degree of crystallinity:	High, varies with processing	Melting temperature:	176°C (349°F)
Modulus of elasticity:	1400 MPa (200,000 lb/in ²)	Approximate market share:	About 13%
Tensile strength:	35 MPa (5,000 lb/in ²)		

^aElongation depends on additives.

Compiled from [2], [4], [6], [7], [9], and [14].

- **Materiales para el prototipo**

Resina de poliéster y epóxica³⁶

Por sus bajos costos y propiedades la resina de epoxi y poliéster se convierte en una opción a tener en cuenta estas tienen las siguientes características:

- Humectación y adherencia óptima
- Buen aislamiento eléctrico
- Buena resistencia mecánica
- Resistente a la humedad
- Resistente al ataque de fluidos corrosivos
- Resistente a temperaturas elevadas
- Excelente resistencia química
- Dimensionalmente estable.

Aluminio³⁷

Características mecánicas

Entre las características mecánicas del aluminio se tienen las siguientes:

- De fácil mecanizado debido a su baja dureza.
- Muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.
- Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.

³⁵ IBID. P.161

³⁶ Ver propiedades en ANEXO D p.3

³⁷ WIKIPEDIA[documento electrónico]: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio>>, citado el 16 Octubre, 2009

- Material blando (Escala de Mohs: 2-3). Límite de resistencia en tracción: 160-200 N/mm² [160-200 MPa] en estado puro, en estado aleado el rango es de 1400-6000 N/mm². El duraluminio fue la primera aleación de aluminio endurecida que se conoció, lo que permitió su uso en aplicaciones estructurales.
- Para su uso como material estructural se necesita alearlo con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas, así como aplicarle tratamientos térmicos.
- Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión.
- Material soldable.
- Con CO₂ absorbe el doble del impacto.

TABLE 6.8 Compositions and mechanical properties of selected aluminum alloys.

Code	Typical Composition, % ^a						Temper	Tensile Strength		Elongation
	Al	Cu	Fe	Mg	Mn	Si		MPa	lb/in ²	
1050	99.5		0.4			0.3	O	76	11,000	39
1100	99.0		0.6			0.3	H18	159	23,000	7
							O	90	13,000	40
2024	93.5	4.4	0.5	1.5	0.6	0.5	H18	165	24,000	10
							O	185	27,000	20
3004	96.5	0.3	0.7	1.0	1.2	0.3	T3	485	70,000	18
							O	180	26,000	22
4043	93.5	0.3	0.8				H36	260	38,000	7
							O	130	19,000	25
5050	96.9	0.2	0.7	1.4	0.1	0.4	H18	285	41,000	1
							O	125	18,000	18
6063	98.5		0.3	0.7			H38	200	29,000	3
							O	90	13,000	25
							T4	172	25,000	20

Compiled from [10].

^aIn addition to elements listed, alloy may contain trace amounts of other elements such as copper, magnesium, manganese, vanadium, and zinc.

2.1.6 Procesos de transformación

Uno de los posibles procesos a desarrollar para el producto FINAL sería el molde por inyección de plásticos el cual permite unos acabados perfectos y una producción industrial de altos volúmenes de piezas por lo que se hace un proceso atractivo para este tipo de herramientas.

Cabe aclarar que para la producción del prototipo de la pistola se hace necesario el uso de métodos menos costosos a diferencia del proceso mencionado anteriormente como el uso de moldes en caucho siliconado y de resina de poliéster.

- **Posibles materiales y procesos para el desarrollo del tanque de almacenamiento producto final.**

Roto-moldeo

Como el proceso lo demanda y el diseño del recipiente es el apropiado para este proceso ya que se exige que el producto sea grande, hueco y de espesores gruesos de pared, se exige según el diseño

El material más común por utilizar en este proceso es el PE por lo que se considera que si se va a utilizar este proceso sea conveniente utilizar el PE como primera opción

Para el desarrollo del tanque de almacenamiento se puede utilizar tela y el uso de un recipiente estándar rígido de PEHD o bolsa.

Soplado

Para el desarrollo del tanque de almacenamiento es posible utilizar este proceso ya que se adapta muy bien al desarrollo de grandes piezas, por los costos de la elaboración de los moldes es necesario aplicarse a grandes volúmenes de producción, como el uso principal de este proceso es por termoplásticos se ha definido utilizarse PE o PP, previamente señalados en el documentos. Aunque el costo del molde es más costoso sigue siendo más barato que el rotomoldeo al final del proceso.

Propuestas de materiales para el desarrollo del prototipo:

- Fibra de vidrio y resina para el recipiente de almacenamiento con el fin de darle al producto un diseño propia, personalizado.
- Uso de recipientes estándar.

- Uso de telas resistentes a la intemperie como³⁸: Lona poliéster, tejido PVC.

2.1.7 Corrosión

De acuerdo al tipo de ataque químico se presentan los materiales y su resistencia presentados de la siguiente manera en la tabla 6

A: Satisfactorio, B: justo, C: pobre, D: insatisfactorio En blanco: no hay datos.

Tabla 6: Tabla de Corrosión

Tabla de corrosión																				
	Metales									Plásticos						Elastómeros				
	316SS	Latón	Acero 304	Aleación 400/405	Titanio	Aleación 600	aleación 20	Aleación C276	Aluminio	Delrin (POM)	Nylon	TFE/PFA	PE	PP	PVC	Buna-N (NBR)	Neopreno	Vitón FPM	NR	EPDM
Agua destilada	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A			A	A	A		
Ácido Cítrico	C	D	D	B		A			B	A	D	A	D			A	A	A		
Ácido Fórmico frío	B	B	D	C	D	C	A	A	A	D		A	A	A	D	A	A	B,C*	B	
Ácido Fórmico Caliente	B	B	D	D	D	D	B	B	D	D		A	A	A*	A (40°C)	D	A	A	D	B
Ácido Fosfórico (85% concentración)	A	B	A*	A	D		A*		D	D		A	A,B*	A, B*	A (40°C)	C	A,B*	A	D	A
Urea	B	B	C	B		B			B	A		A				A				A
Cloruro de potasio	A	C	C	B	A	B		B	D	A	C	A	C			A	A	A		

* Depende de la temperatura de Uso

Fuente³⁹















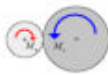


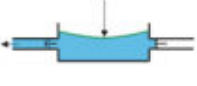

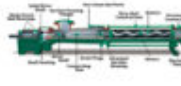
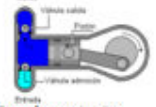





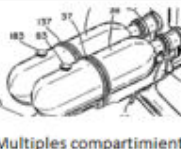







³⁸ FULL TEX. [documento electrónico]<<http://www.fulltex.cl/mochila.htm>>

³⁹ Elaboración propia con información tomada de: EXPOTECH. [Documento electrónico]<http://www.expotechusa.com/Catalog_dklok/DK-Lok%20-%20Corrosion%20table%20-%20metals%20-plastics%20-%20elastomers.pdf>citado el 15 enero, 2010

2.1.8 Exploración funcional y sistemática

En la tabla 7, se proponen los siguientes portadores de función para facilitar la generación de alternativas:

Tabla 7: Tabla de combinación de funciones (Matriz Morfológica).

Función	Solución 1	2	3	4	
	 Recipiente rígido		 Bolsa y mochila de tela	 Tela + refuerzo rígido	Mochila + Ruedas
 Separar					
 Conducir					
 Transformar					
 Aumentar	 Palanca de primer grado	 CABEZA DE UNA RUEDA Palanca de segundo grado	 Juego de piñones	 Palanca de tercer grado	Fuerza rotacional
 Inyectar (CONducIR)	 Diafragma	 Principio desplazamiento positivo	 Bomba tornillo	 Desplazamiento positivo + aplicación fuerza rotacional	 Engranajes
 Permitir	 Válvulas Antiretorno				
	 Compartimiento	 Múltiples compartimientos			
 Dosificar	 Medidor de carátula	 Medidor lineal	(dosificar diafragma)		
 Conducir (perforar)	 Aguja	 Taladro + Aguja	 Agujas múltiples		

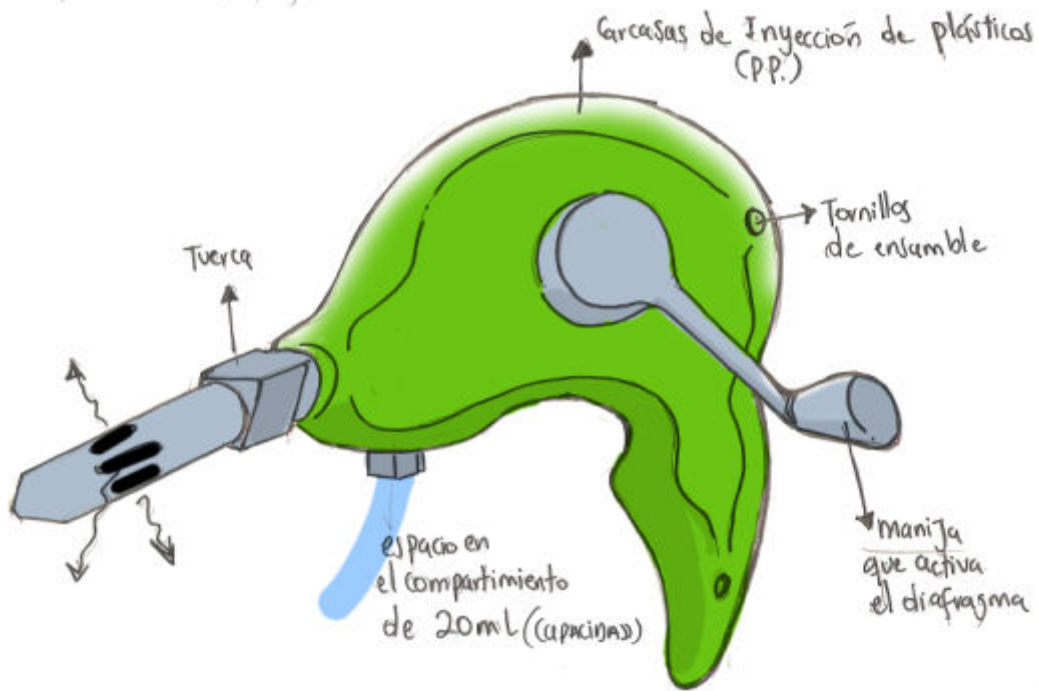
- **Alternativas de solución propuestas para la pistola⁴⁰**

Utilizando como ayuda la matriz morfológica se establecieron tres rutas, seleccionando los portadores de función para cada caso, aunque las posibles combinaciones de propuestas pueda terminar en una cantidad considerable de alternativas se cae en el error de obtener propuestas muy parecidas con variaciones de baja importancia, además de llegar soluciones poco prácticas de acuerdo a los objetivos del proyecto. Los criterios utilizados para la selección de las alternativas fueron de acuerdo a la información obtenida de fuentes de información primarias como el cliente final, y a decisión del autor, teniendo en cuenta la opinión del asesor del proyecto.

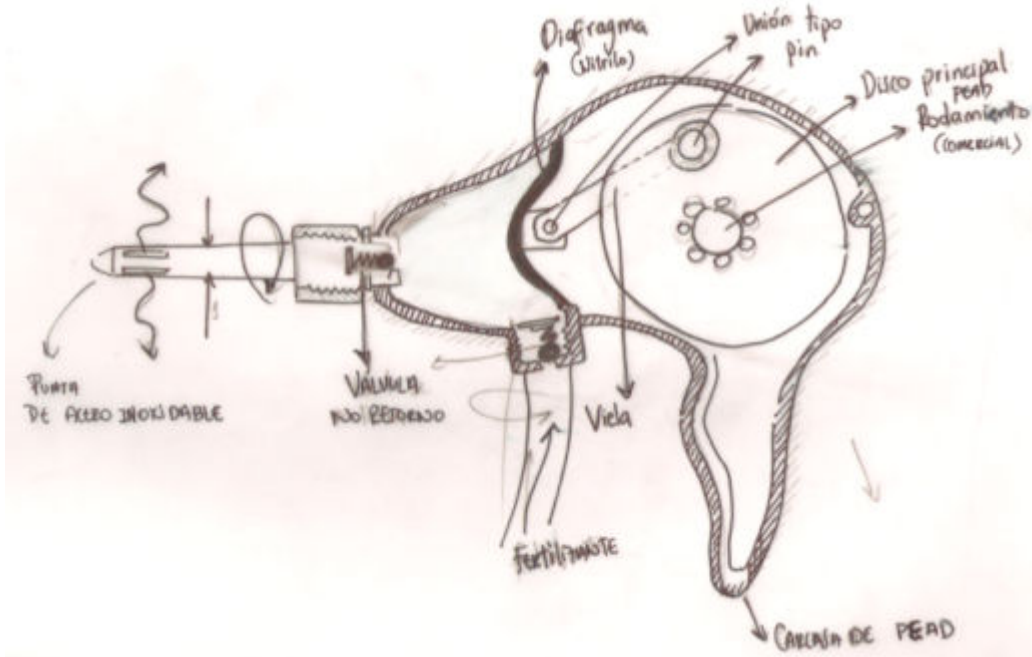
Alternativa 1 Tomando la ruta 1 se determinó la siguiente alternativa que corresponde a:



⁴⁰ Ver ANEXO C. desarrollo de concepto, para profundizar en el tema

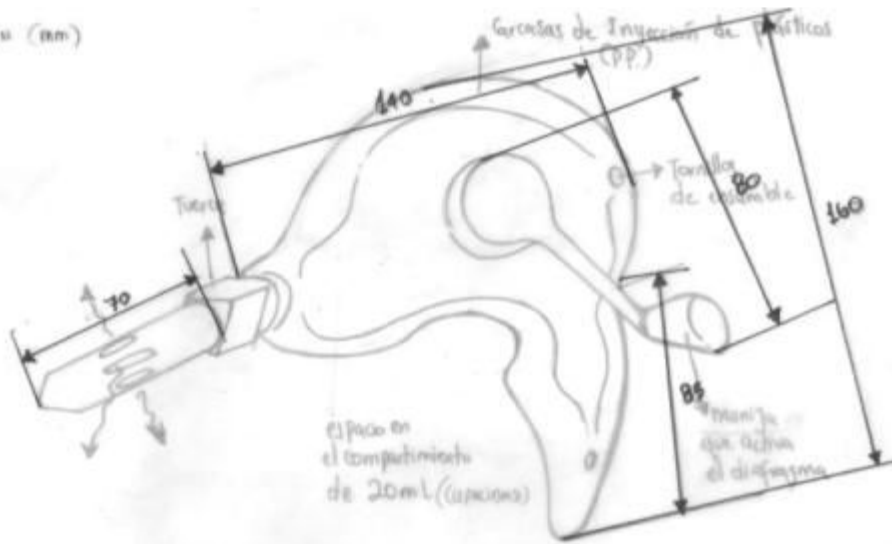


Vista en corte de la alternativa 1 diafragma



Medidas generales

Medidas en (mm)



Uso

Sistema del tanque corresponde al tanque de la propiedad 3



USO

1

Arbol de Banano



1. LA PERSONA CARGA SU TANQUE DE 15 LITROS Y SE VA AL ARBOL QUE REQUIERE FERTILIZARSE

2. SELECCIONADO EL ARBOL SE PROCEDE A INYECTAR EL ARBOL DE BANANO



Es que la palanca las veces que toca necesario cada vuelta corresponde a una cantidad determinada dependiendo del tamaño del diafragma

Alternativa 2

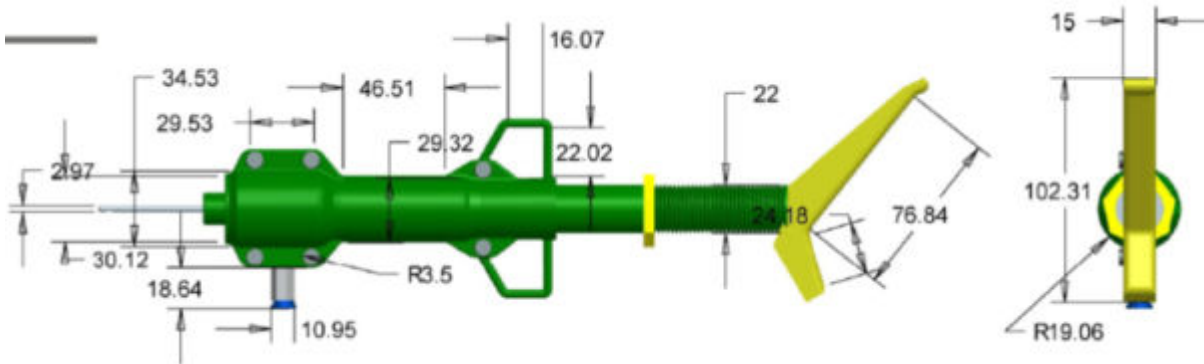
Tomando la ruta 2:



Bajo el principio de desplazamiento positivo para portador de función principal:

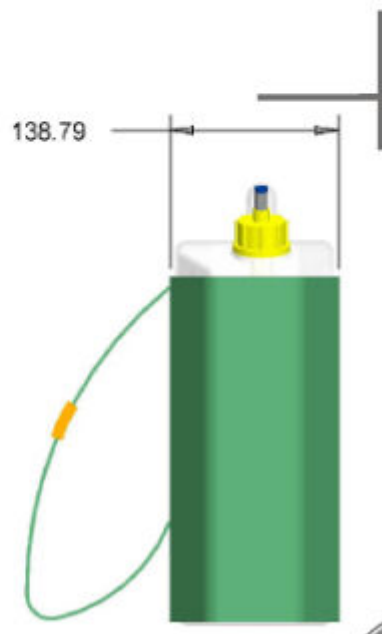
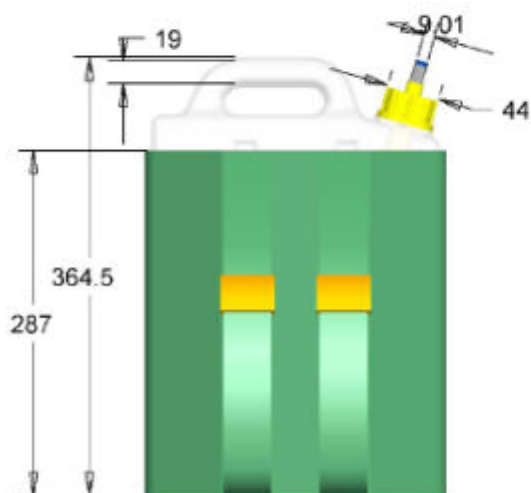
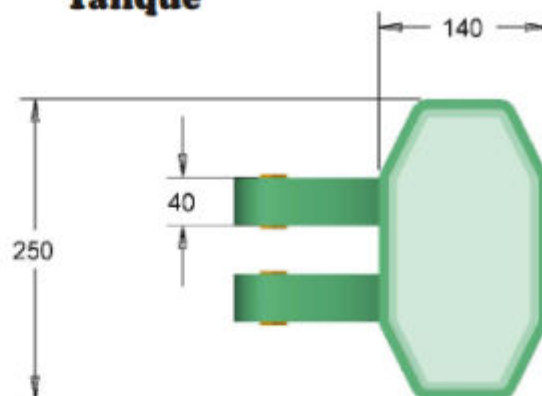
Pistola

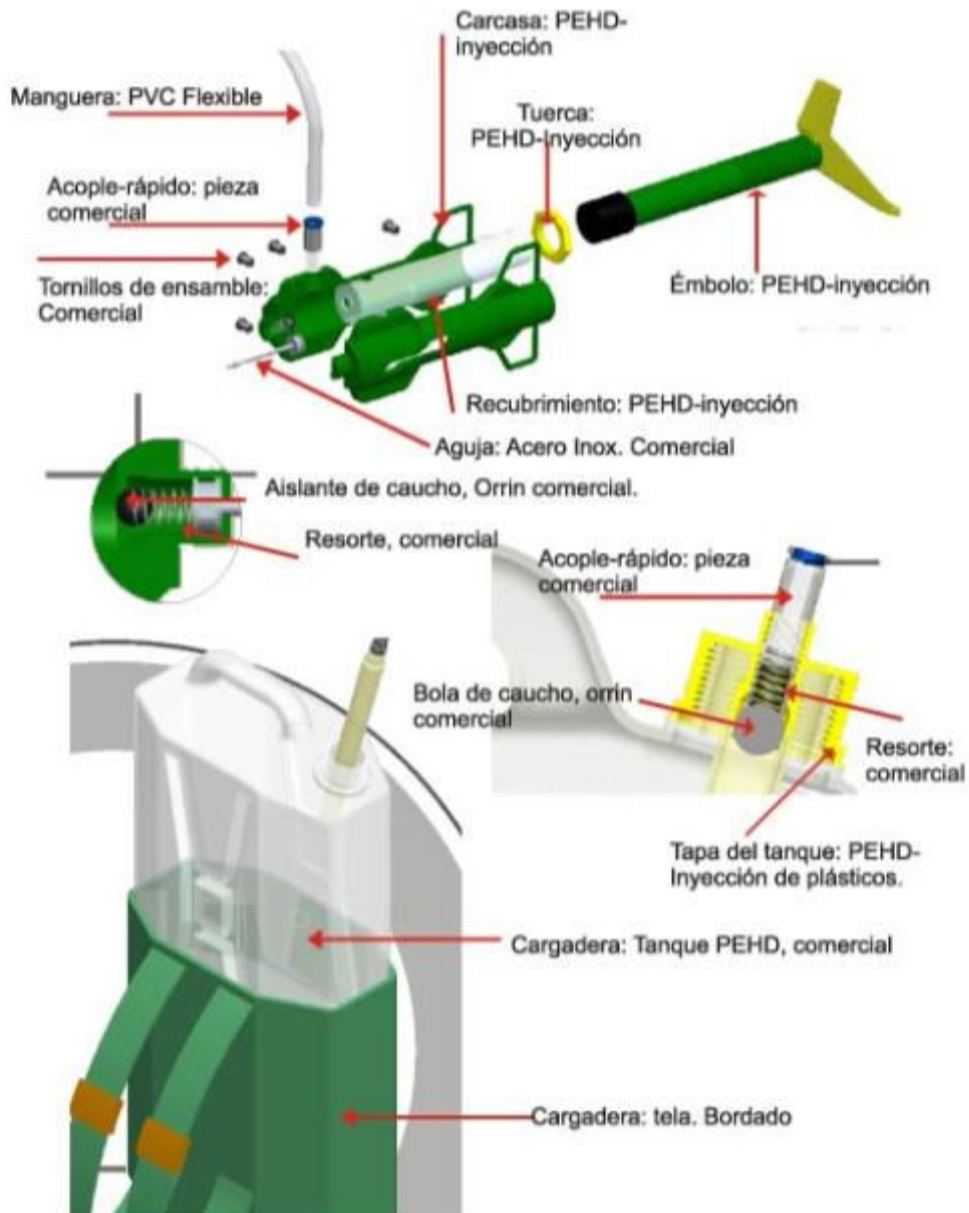




Medidas en (mm)

Tanque



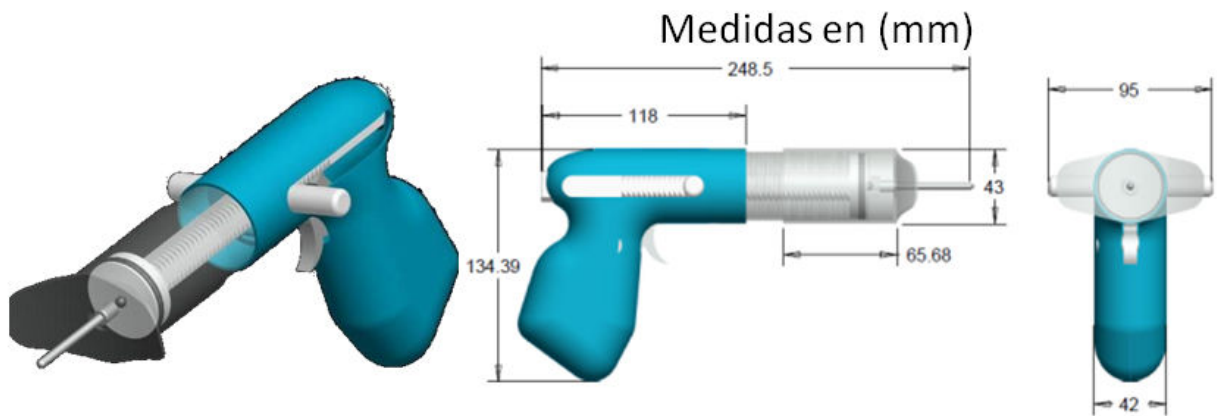


Alternativa 3

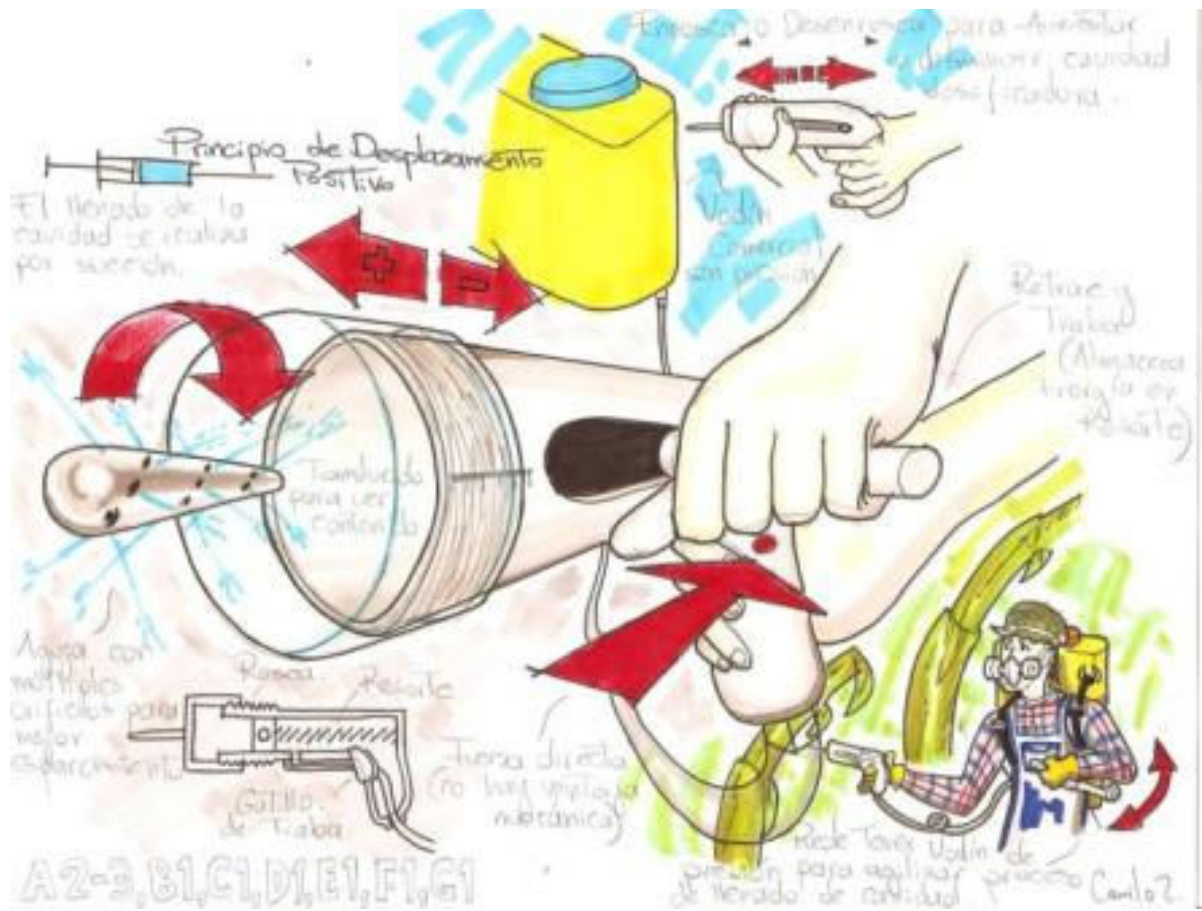
Ruta 3:



Esta alternativa tiene un punto a favor que ésta aplica la fuerza diferente a la anterior lo que facilita las labores del empleado aplicando menos fuerza, se empuja el resorte hasta su máxima compresión permitida y luego la energía potencial de éste se libera generando movimiento al embolo de forma graduada:



Uso y materiales

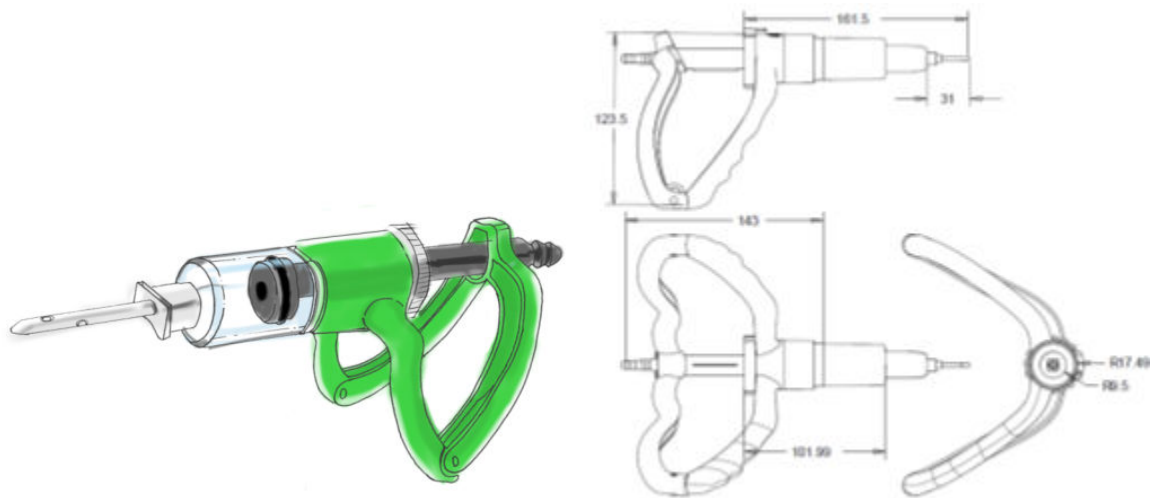


Alternativa 4

Ruta 4:



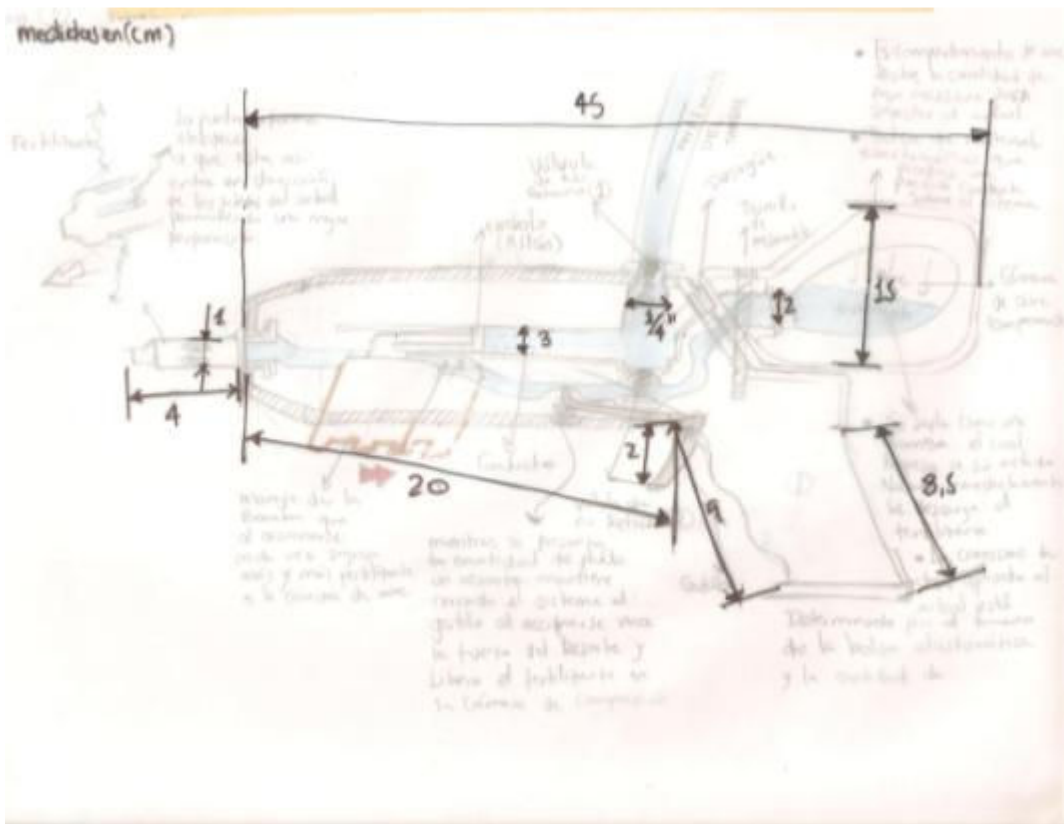
Render de la alternativa 4 y Medidas generales



Alternativa 5

Fertilizante impulsado por aire a presión:





Funciona bajo el mismo principio de desplazamiento, pero tiene una ventaja que puede acumular presión gracias a que cuenta con un compartimento de material de caucho el cual se ensancha por la presión del aire (ver Anexo C para detallar las gráficas)

Alternativas para el recipiente de almacenamiento

Alternativa 1 recipiente rígido:

La capacidad del tanque determina en gran parte la forma como debe ser, gráfica 20:

Gráfica 19: Alternativa 1 tanque de almacenamiento rígido

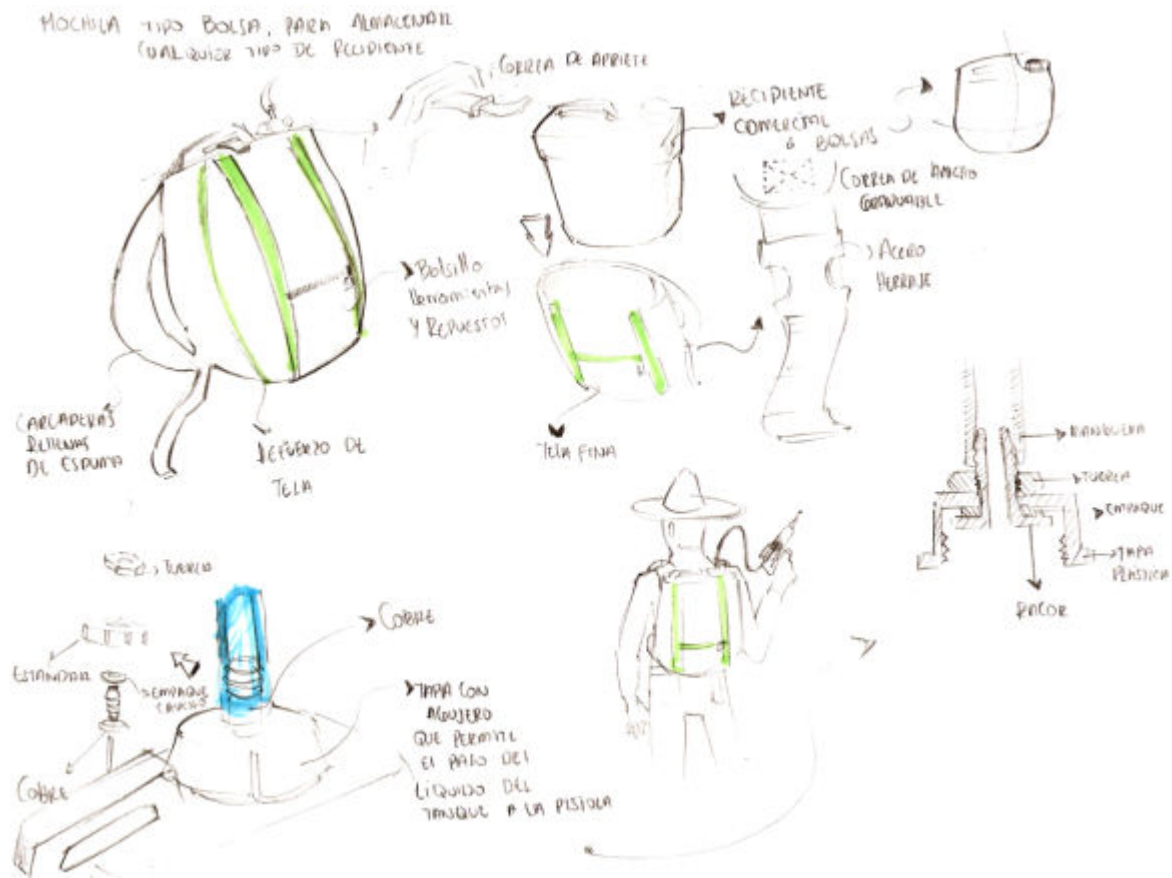


La primera propuesta es un tanque de almacenamiento rígido cuya ventaja principal es su resistencia al impacto además de su diseño acorde al desarrollo de la pistola (alternativa 4).

Alternativa 2 Mochila de tela:

La segunda alternativa es una mochila de tela que posee dentro de sus beneficios la facilidad de manufactura en el contexto local para la producción en serie, se adapta a una variedad de recipientes plásticos estándar tanto rígidos como flexibles (tipo: bag in box)(Gráfica 21). Además permite un ensamble rápido al momento de intercambiar recipientes para continuar las labores en el cultivo, sin mayores contratiempos.

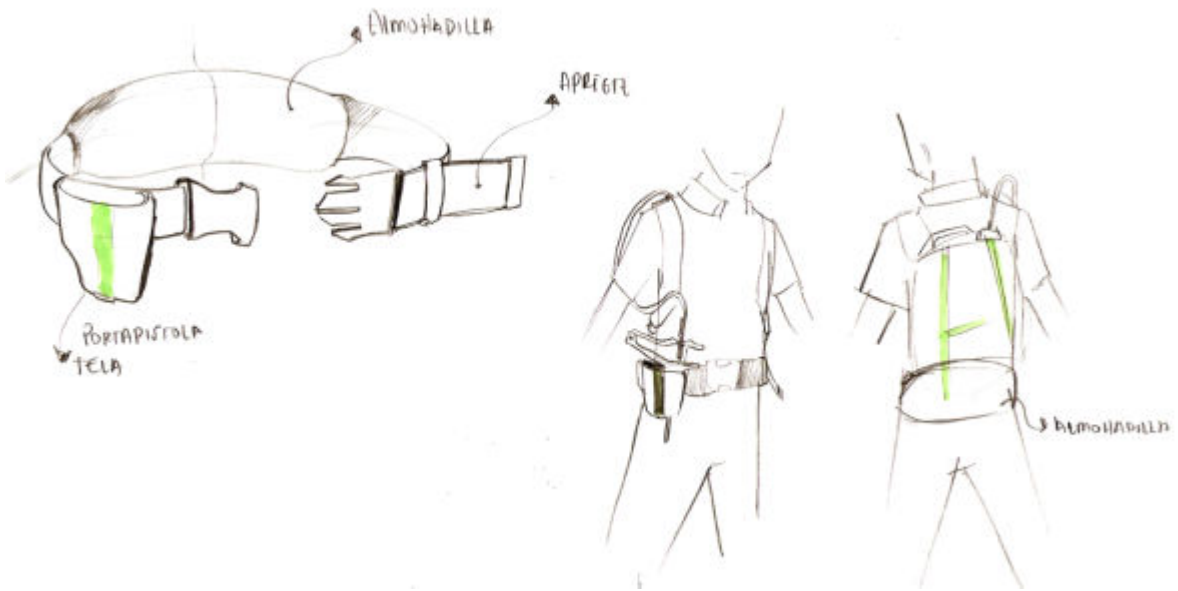
Gráfica 20: alternativa 2 Mochila de tela



Accesorios

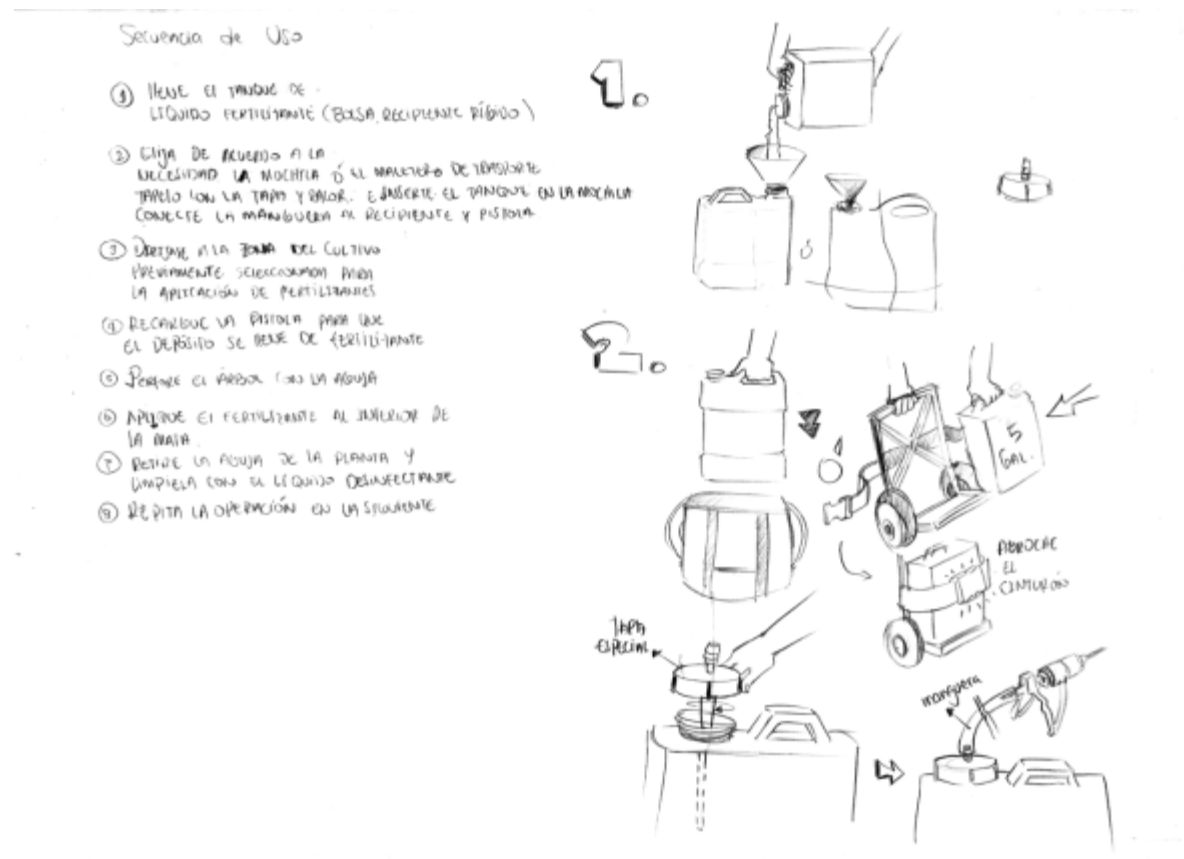
Dentro de los accesorios (gráfica 22) que acompañan el producto se encuentra: un cinturón que permite guardar la pistola inyectora mientras no se encuentre en uso, unas almohadillas para la espalda para que el tanque o recipientes de almacenamiento de fertilizantes puedan reposar sin causar incomodidad en el usuario, también trae algunas agujeros que permite guardar las agujas de repuestos en caso de que sea necesario el reemplazo de éstas fallen, o se genere un tapón y se dificulte la limpieza.

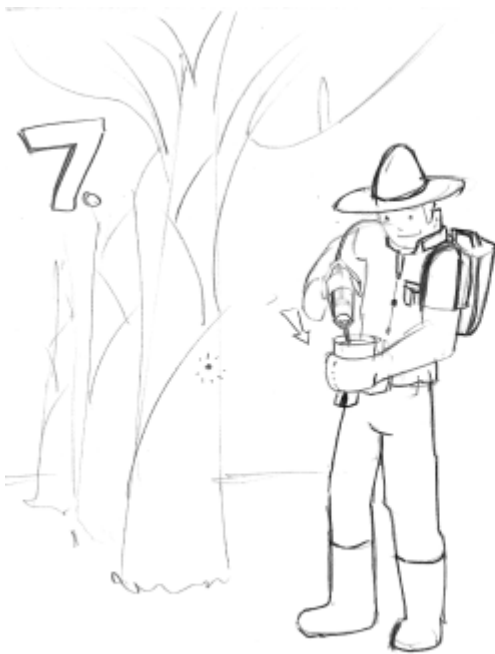
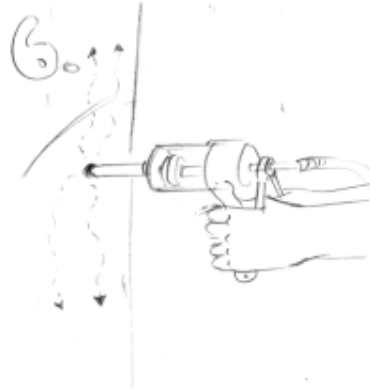
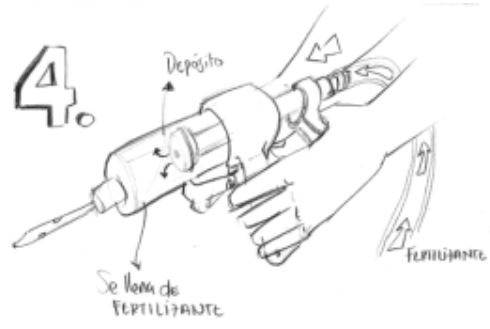
Gráfica 21: accesorios de la herramienta



Propuesta de Secuencia de uso

Para las propuestas 4 y 5 sólo varía la posición de la mano en cuanto al uso y el principio de palanca.





3. DISEÑO A NIVEL SISTEMA

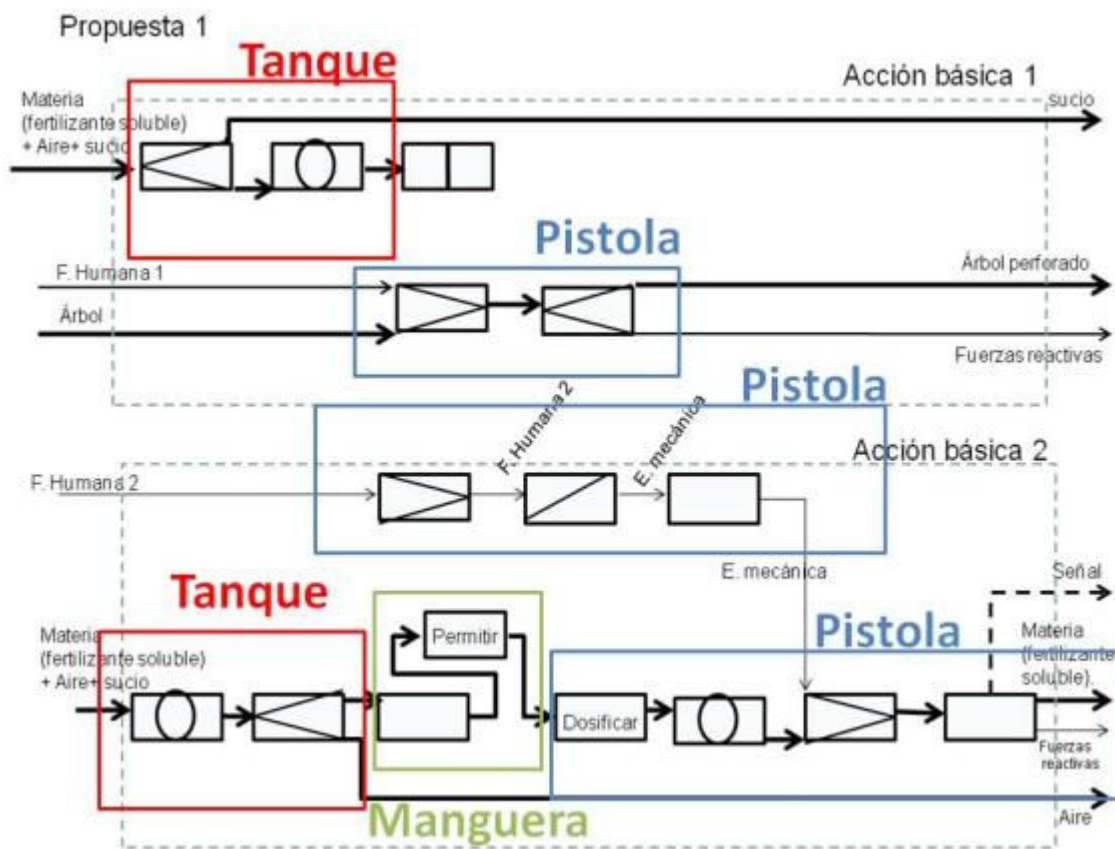
3.1 Arquitecturas alternativas del producto

El método se establece así según ULRICH, 2004:

3.1.1 Agrupación de elemento

A partir del diagrama esquemático (estructura funcional) (Gráfica 23), se agrupan los elementos de acuerdo a los portadores de función seleccionados:

Gráfica 22: Agrupación de elementos

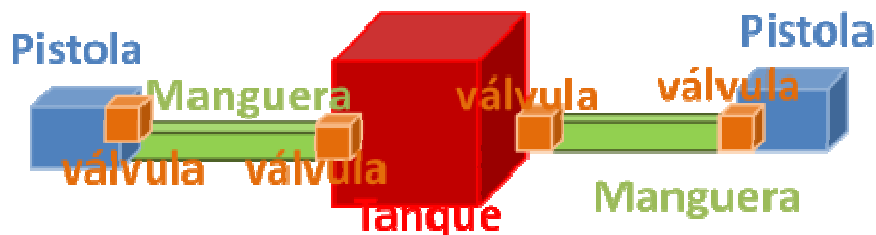


3.1.2 Diagramas geométricos

A continuación se ilustran los resultados de la interacción de los componentes mediante el método de la arquitectura de producto, estableciendo las interacciones fundamentales e incidentales de cada configuración.

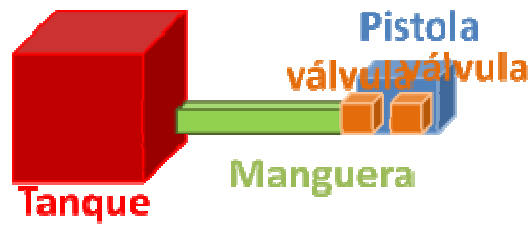
En la gráfica 24, se evidencian las ventajas de esta opción de arquitectura de producto las cuales radican en que se utilizarían las dos manos, ya que serían 2 pistolas usadas a la vez para aplicar la dosis, dividiendo el esfuerzo realizado por el productor, su desventaja radica en que el costo del producto se incrementa bastante por el uso de más componentes para un solo producto, para la alternativa 4 habría que hacer un pequeño cambio en el diseño dejando solamente un solo mango por pistola ya que no serían necesarios dos mangos por pistola.

Gráfica 23: configuración 1



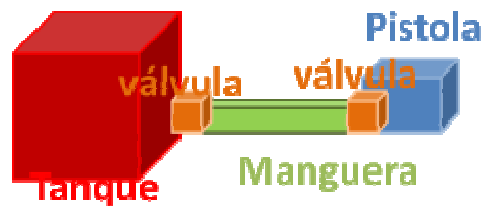
A diferencia de la propuesta de arquitectura anterior se posee una sola pistola, obviamente como la alternativa 4 lo indica se van a utilizar las dos manos por el operario para ésta. La disposición de las válvulas se establecen en relación con la pistola, entre la manguera y ésta la otra válvula estará dispuesta entre la pistola y la aguja, (gráfica 25).

Gráfica 24: Configuración 2



La siguiente propuesta de arquitectura ubica la válvula justamente a la salida del tanque de almacenamiento y la manguera puede facilitar la manufactura ya que ésta no va integrada a la pistola. Otra ventaja es que es menos peso que tiene que cargar con sus manos el operario de la herramienta, Gráfica 26.

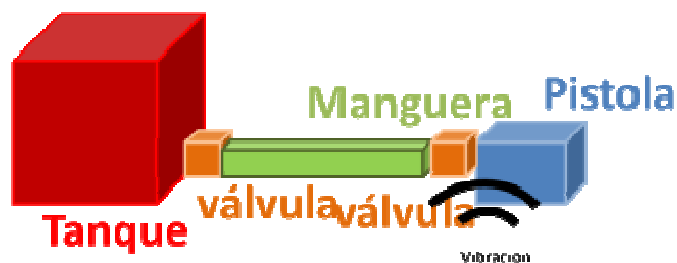
Gráfica 25: Configuración 3



3.1.3 Relaciones incidentales

La vibración (incidental) (Gráfica 27) interviene en todo el sistema ya que es una herramienta que es transportada por el operario en su espalda y manos, así que a medida que se desplaza por el cultivo el sólo movimiento de sus pies causan vibraciones. Se debe tener en cuenta también que todo el producto se encuentra sometido a la intervención de líquidos como interacción fundamental, así que tanto sus partes internas como externas se deben proteger de dicho elemento.

Gráfica 26: esquema de relaciones incidentales para la herramienta



3.2 Selección del concepto

Se ha realizado una Matriz de evaluación con los criterios más importantes definidos por el autor con la ayuda de la investigación de mercados Tabla 8:

Tabla 8: Matriz de Evaluación

Criterios	%	Propuesta 1		Propuesta 2		Propuesta 3		Propuesta 4		Propuesta 5	
		Cal	Punt.	cal	punt.	cal	punt.	cal	punt.	cal	punt.
Que sea fino, (representa para el usuario un producto que genera confianza gracias a su resistencia al maltrato o porque la herramienta evoca ese sentimiento).	8	4	0,32	4	0,24	4	0,32	3	0,32	3	0,24
Mide las porciones (dosifica la cantidad necesaria para cada planta)	20	4	0,8	5	0,6	4	0,8	3	0,6	3	1
fácil uso (se entiende intuitivamente el uso de la herramienta)	12	4	0,48	5	0,36	3	0,36	4	0,6	3	0,4
Aplica fertilizante rápidamente	7	3	0,21	5	0,28	3	0,21	4	0,28	4	0,36
fácil ensamble	5	4	0,2	4	0,1	4	0,2	5	0,25	2	0,2
Partes normalizadas (estándar)	12	3	0,36	4	0,24	3	0,36	5	0,6	2	0,48
fácil de mantener (fácil desensamble)	8	4	0,32	5	0,2	3	0,24	4	0,35	3	0,24
agarre ergonómico	13	5	0,65	5	0,5	4	0,52	5	0,65	4	0,65
Costo de producción	15	4	0,6	4	0,6	3	0,45	4	0,6	3	0,45
	100	3,94		3,12		3,46		4,25		4,02	

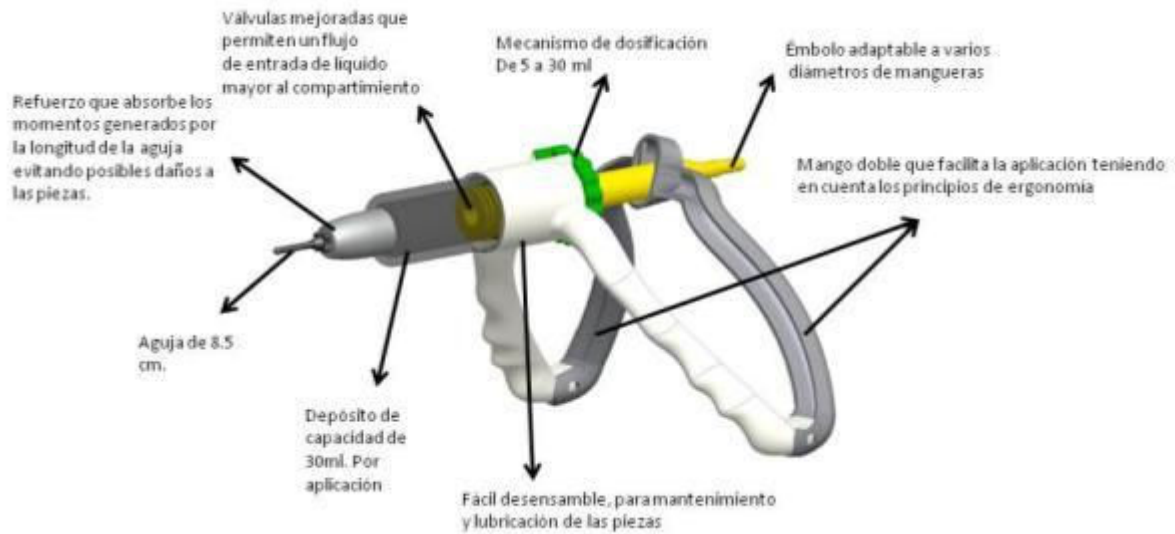
La alternativa viable es la alternativa 4 según los criterios seleccionados por el autor y por las investigaciones realizadas previamente a expertos como más importantes a tener en cuenta.

3.2.1 Alternativa definitiva

- **Descripción de la Alternativa seleccionada**

Cuenta con las siguientes ventajas descritas en la Gráfica 28:

Gráfica 27: Ventajas de la alternativa 4



La herramienta también es de bajo peso, cómodo para el usuario, debido a su geometría optimizada y el uso de materiales plásticos que también son resistentes a la corrosión química provocada por los fertilizantes y demás insumos a los cuales se está en contacto en el cultivo de banano.

La descripción de la Gráfica 28 concuerda con las especificaciones descritas en la parte de la planeación, los cuales se consideraron durante todo el proceso de diseño y desarrollo de producto.

Se realizaron pruebas de Color (Gráfica 29), con el fin de darle una coherencia estética y de unidad al producto se proponen diferentes colores para la herramienta:

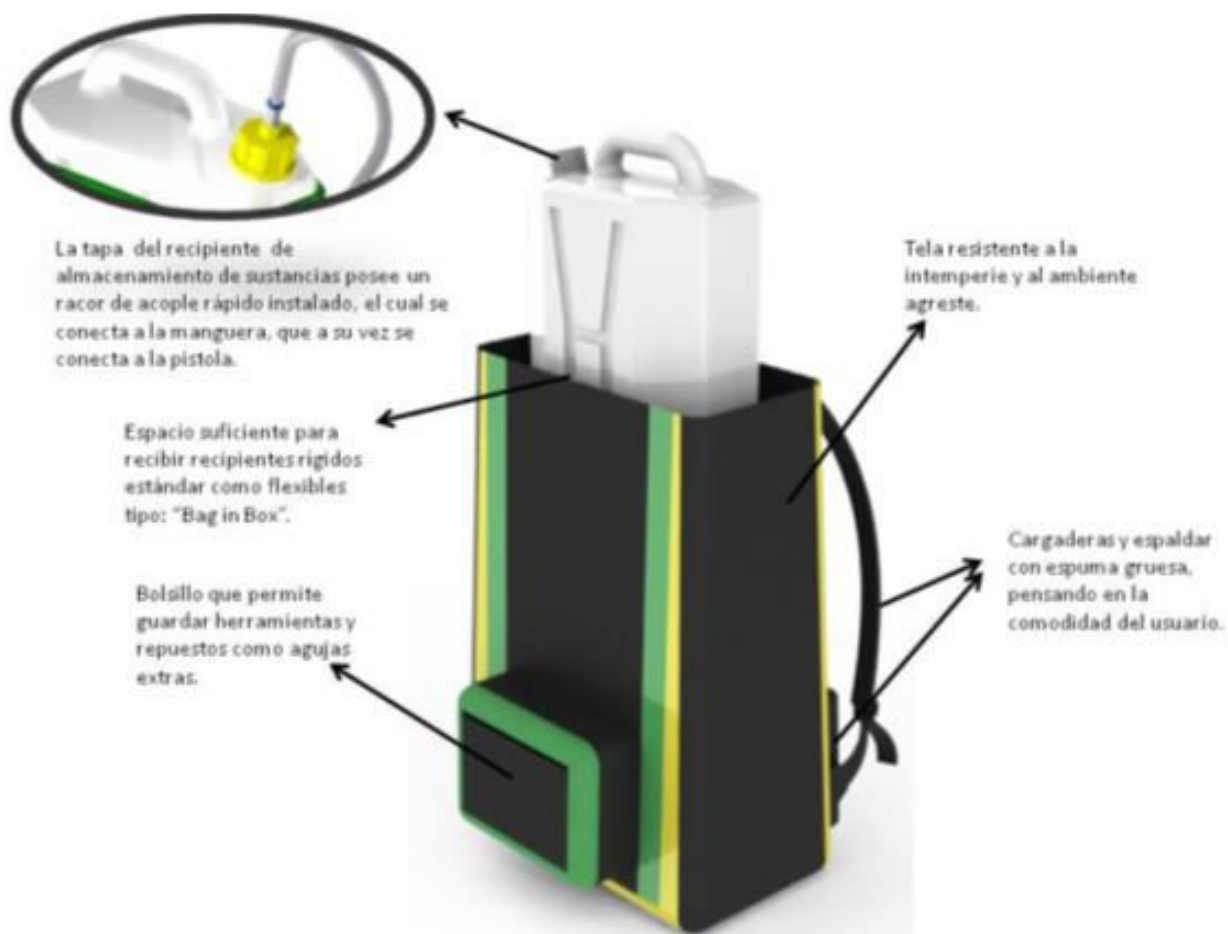
Gráfica 28: Propuesta de colores del producto final



Mochila de almacenamiento

Como la ruta de la matriz morfológica lo indica se va a utilizar la alternativa de almacenamiento y el recipiente rígido como se muestra en la Gráfica 30:

Gráfica 29: mochila de tela para el uso de recipientes rígidos o bolsas tipo bag in box



La mochila se adapta fácilmente a diferentes recipientes estándar utilizados en el mercado por comercializadoras de fertilizantes.

4. DISEÑO DE DETALLES

4.1 Modelado 3D⁴¹

La modelación realizada con el programa “PRO ENGINEER®” que se presenta a continuación Gráfica 31, se realizó con el fin estudiar: las medidas finales del producto (planos de ingeniería), la interacción de las partes y su posterior ensamble final. Es necesaria dicha modelación para su posterior análisis de ingeniería en el siguiente apartado.

Gráfica 30: Modelado 3D de la Alternativa Final



4.2 Análisis de ingeniería

Se toma el principio de desplazamiento positivo, donde se tiene un funcionamiento que basado en las pistolas de agua del mercado (ver gráfica 32), las cuales constan de 2 válvulas de no retorno, una cavidad de agua a expulsar, y una cavidad de suministro y que tienen como función principal generar un desplazamiento de los fluidos cuando a la cavidad se le aumenta o se le disminuye su volumen. El inyector de fertilizantes debe desplazar los fluidos por el extremo de la aguja e ingresarlos al seudotallo, como también debe dosificarlos para garantizar una cantidad del abono soluble determinado por el técnico experto.

⁴¹ Anexo E: Diseño de detalle apartado, modelación prototipo y planos de ingeniería

Gráfica 31⁴²: pistolas que disparan agua bajo el principio de desplazamiento positivo



En este tipo de funcionamiento se identificó una ventaja notable, pues es rápido y no requiere sino de 2 pasos para su funcionamiento que son el de cierre de cavidad para liberar el fluido, y el de apertura para cargar de nuevo. De manera que los pasos de funcionamiento se pueden suprimir a uno si se logra que la apertura se realice por apertura automática de la cavidad que puede efectuarse por medio de un resorte. Las válvulas de no retorno también tienen la función de que los fluidos de la planta no ingresen al inyector para luego inyectarlos en otra y pasar enfermedades, causando un mal manejo fitosanitario.

Con el fin de determinar la fuerza que se requiere para accionar el mecanismo de inyección en una jeringa comercial, se realizaron experimentos de laboratorio⁴³(gráfica 33), los cuales permitieron determinar las variables que intervienen en el buen funcionamiento de la herramienta, necesarias para los análisis de ingeniería posteriores:

⁴² Tomado de HOW STUFF WORKS <<http://www.howstuffworks.com/water-blaster.htm/printable>>, citado 11 Nov. 2009

⁴³ Ver Anexo F: Ensayos y Pruebas

Gráfica 32: Experimentos de laboratorio para determinar la fuerza de requerida para inyectar en una planta



Se determinó que la fuerza necesaria para inyectar es de 42N logrando una velocidad de aplicación de 0.7cm/s, y una fuerza de perforación de 22-25N.

- **Pruebas de la competencia⁴⁴**

Para realizar un análisis más preciso y determinar de manera más profunda las especificaciones de Diseño se hizo el procedimiento de probar una herramienta de la competencia indirecta, el cual permitió establecer en el PDS, la resistencia y el número de ciclos que dicha herramienta debe soportar

El montaje se hizo como se ven en la Gráfica 34:

Gráfica 33: Montaje de la herramienta de la competencia



⁴⁴ Para Profundizar en el tema ver Anexo F_ Plan de pruebas y resultados de las pruebas.

La herramienta es accionada de forma continua mediante el uso de un pistón el cual funciona de forma continua gracias a la programación de un PIC este acciona el pistón además de contar con un panel el número de repeticiones ejecutadas por el pistón (ver video anexo F)

Resultados y conclusiones de las pruebas herramienta de la competencia

La herramienta resistió 67.000 ciclos, con lubricación de empaques cada 5.000 ciclos. No fue necesario un cambio de empaques. Se supone que la vida útil estas herramientas sea de 2 a 3 años, se concluye según la prueba realizada anteriormente que si la herramienta falla en una de sus piezas antes del final de su vida útil se debe al mal uso y mantenimiento o al ataque químico de los insumos agrícolas y pecuarios y no debido a fallas mecánicas de los materiales utilizados.

4.2.1 DFMA (Diseño para el ensamble y Manufactura)⁴⁵

Según los autores Ulrich y Eppinger⁴⁶, se hace necesario considerar metodologías de DFX, para dar solución a los problemas específicos que se presentan en la fase de diseño de detalle, ya que, si bien las necesidades y especificaciones del producto son útiles para guiar la fase anterior: desarrollo de concepto, aquí se hace difícil adoptarlas de la misma manera.

En este caso se aplica el método de DFMA el cual es de los más importantes y es necesario para el desarrollo del proyecto:

4.2.2 Análisis de Componentes

Como el alcance del presente proyecto es llegar a un prototipo y no un producto final, se realizará a continuación una aproximación válida en DFMA (diseño para la manufactura y diseño para el ensamble) que también contribuye a optimizar el prototipo optimizando sus componentes y disminuyendo su costo. Todo esto con el fin ayudar con el proceso de toma de decisiones sobre la alternativa final.

⁴⁵ Ver ANEXO E: DISEÑO DE DETALLE

⁴⁶ Op. Cit. URICH. P.212




De las estrategias establecidas por la metodología se tendrán en cuenta las siguientes:

- Costos de los componentes.
- Rediseñar componentes para ahorrar pasos de procesamiento.
- Estandarización de componentes.
- Integración de partes
- maximización de la facilidad de ensamble.
- Reducción al mínimo la complejidad sistemática.

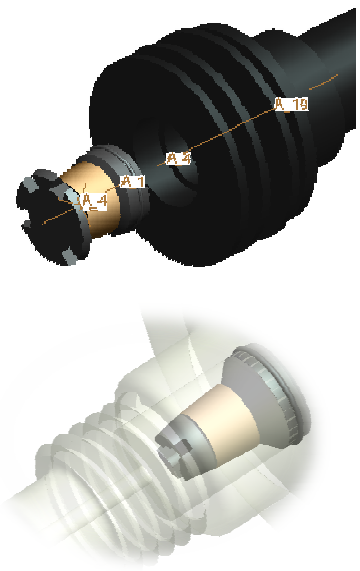
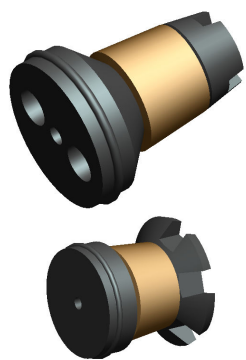

Cabe destacar que esta metodología y estrategias se aplica desde el desarrollo de concepto cuando el diseñador de productos comienza inclusive a realizar la investigación interna y externa (ver Anexo C: desarrollo de concepto) con los primeros sketches y diagramas.

El método se repite así para otros componentes que tomarían mucho tiempo y bastantes hojas por llenar y está fuera del alcance del proyecto así que a continuación se muestra una tabla 9 resumen con sólo algunos de éstos, donde se comparan su costo, ventajas y desventajas⁴⁷:

Tabla 9: resumen de algunos componentes analizados por método DFMA:

Componente	Opción 1	Opción 2
<p>1. Componente de sujeción entre el mango frontal y dosificador:</p> 	<p>PIN-candado</p>  <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fácil instalación, solo requiere el uso de los dedos de la mano, 	<p>Prisioneros</p>  <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pieza estándar de consecución local • Se manejan una gran

⁴⁷ La información de costos presentada aquí, es información suministrada por proveedores locales consultados por el autor.

	<ul style="list-style-type: none"> • Amplia área de contacto entre las piezas que sujeta. • <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dada su relación de ensamble con las demás piezas puede llegar a ser de gran tamaño comparándose con la herramienta en general. • Como está el producto planteado no hay un pin candado estándar para el diámetro al cual se va a insertar. • Costo \$2000-\$3000 pesos 	<p>variedad de tamaños</p> <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por su poca área de contacto con elemento sujetador no garantiza una buena sujeción por periodos prolongados • El ensamble requiere de herramientas como una llave hexagonal. • Restricción de materiales metálicos como aceros
<p>2. Válvula antiretorno</p> 	<p>Válvula antiretorno de alta presión</p>  <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muy buena Durabilidad encontradas en equipos fumigadores). 	<p>Válvulas plásticas comerciales</p>  <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el mercado se encuentran una gran variedad de opciones por adoptar. • Por lo general para

	<ul style="list-style-type: none"> • Larga vida útil. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La piezas no son estándar por lo tanto se deben manufacturar a un tercero. <p>Costo: \$200 pesos la parte rígida(sin incluir el costo del molde+\$50 banda elástica</p>	<p>este tipo de función son de materiales plásticos inyectados por lo que su costo disminuye considerablemente.</p> <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Algunas poseen muy poca vida útil. <p>Costo: \$300 pesos</p>
--	--	--

Estos componentes se someten a una evaluación por medio de una matriz según los criterios establecidos por el PDS (especificaciones de diseño) más importantes (ver Anexo E), como resultado de la evaluación correspondiente el autor decide por adoptar los siguientes componentes para mejorar el concepto:

- **Componente 1:** PIN-Candado (opción 1).
- **Componente 2:** Válvulas comerciales (opción 2).

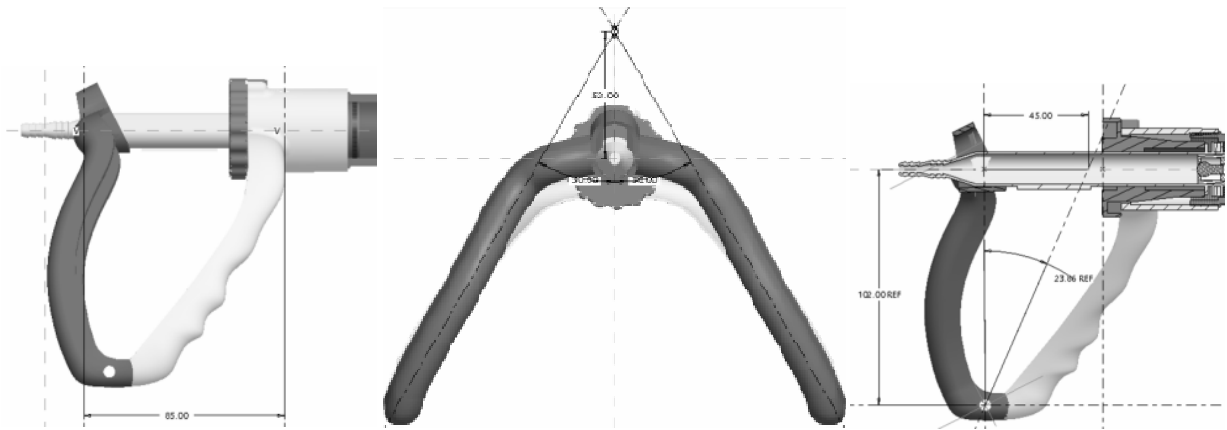
- **Definición de la geometría⁴⁸**

Con los componentes previamente definidos, se procede a realizar estudios de la forma como se relacionan entre sí para dar unidad al concepto de forma definitiva:

Se establecen medidas de los ángulos y longitudes de los mangos y su relación con los demás componentes como se observa en la siguiente gráfica 35:

⁴⁸ Ver Anexo E: diseño de detalle, p.8

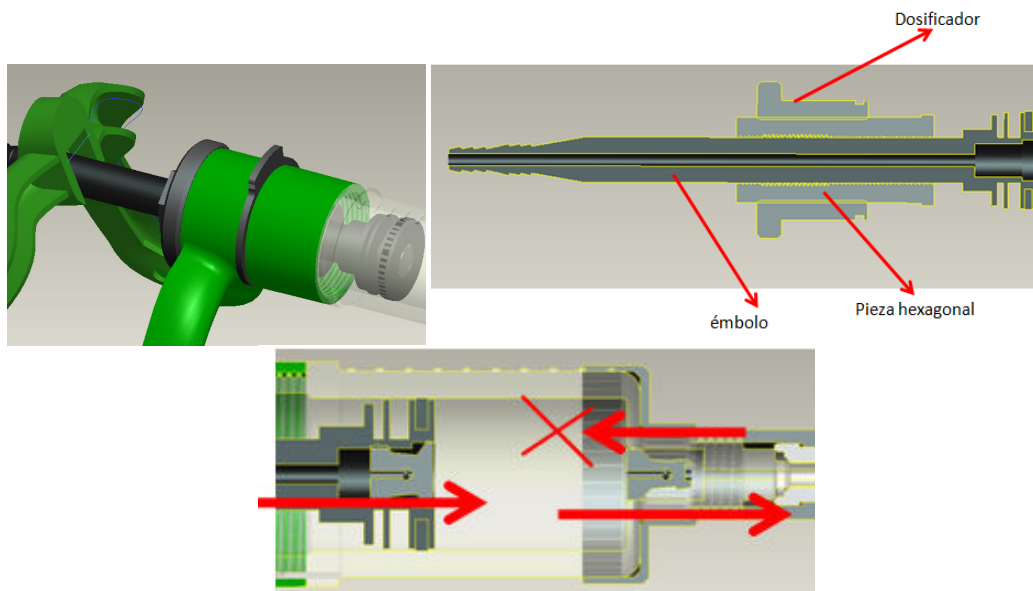
Gráfica 34: Definición de la geometría de la herramienta



- **Diseño del mecanismo⁴⁹**

Se define en este apartado como debe ser la relación de las piezas que, aparte de los mangos dobles, estarán en constante movimiento como lo son: el émbolo, el dosificador y la pieza hexagonal, también se relaciona y se acomoda la geometría del émbolo por ejemplo con las válvulas de no retorno comerciales permitiendo solamente el paso de sustancias en una sola dirección como lo indican las flechas, Gráfica 36:

Gráfica 35: Mecanismo de la herramienta



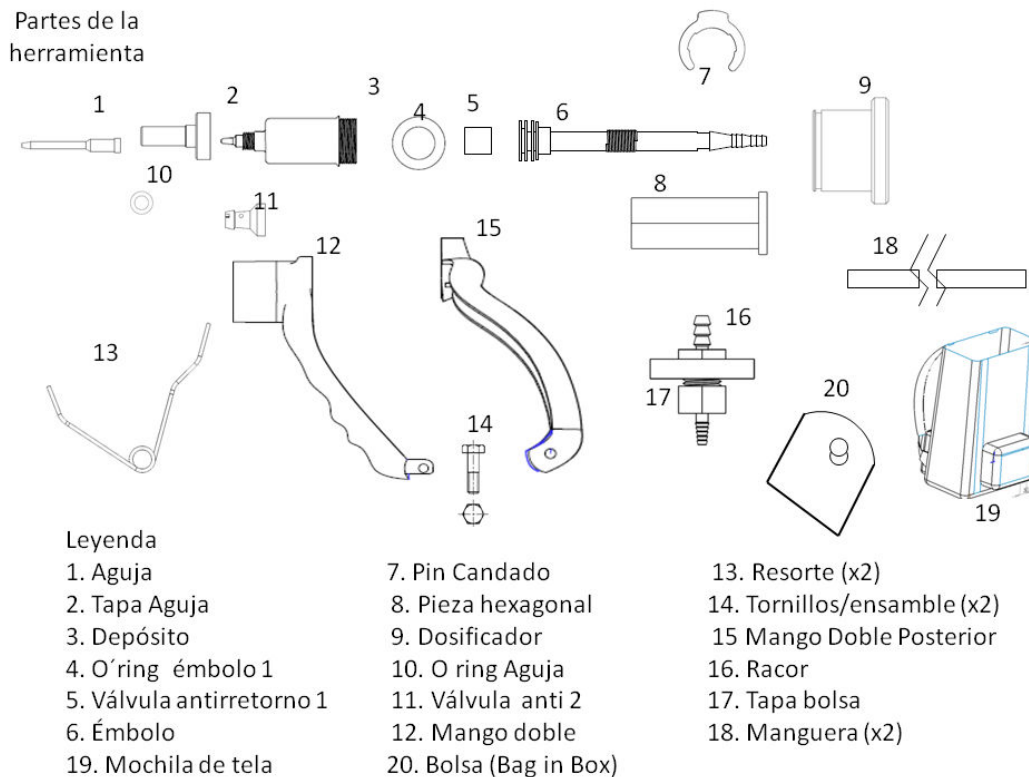
⁴⁹ Ver Anexo E: diseño de detalle, p.9

- **Ensamble del concepto**⁵⁰

Se realiza un estudio detallado de la relación de los componentes y así clarificar las partes que se ensamblan, esto permite hacer mejoras al producto, reducir costos y tiempos de ensamble, mejorando la eficiencia en la construcción por ejemplo:

Así en la siguiente Gráfica 37 se puede observar el resultado de este proceso, teniéndose un concepto totalmente definido en todas sus componentes.

Gráfica 36: Partes detalladas de la herramienta



Hasta aquí el concepto se ha definido en detalle, disminuyendo el grado de incertidumbre de lo que antes era sólo una propuesta con sólo supuestos de mecanismos, geometrías y posibles componentes, disminuyendo en un alto grado los errores que se puedan cometer en manufactura.

⁵⁰ Ver Anexo E: diseño de detalle, p.15

Aunque se debe tener en cuenta que una decisión tomada aquí debe tener un equilibrio y no afecte otras áreas que también intervienen en el concepto, por ejemplo: la intención del diseño industrial.

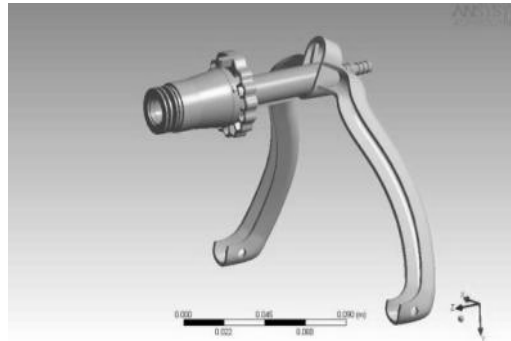
4.2.3 Elementos finitos

Se busca con este método entonces determinar la resistencia de los componentes con las geometrías planteadas con el fin de comprobar la calidad, viabilidad de manufactura las piezas y optimización de la forma final del concepto definitivo.

- **Componentes a analizar**

Se define que para el modelo de elementos finitos se utilizarán las tres partes que están directamente en contacto por medio de ensamble. Las partes son el mango doble posterior, seguido por el émbolo, y el dosificador que sostiene el émbolo.

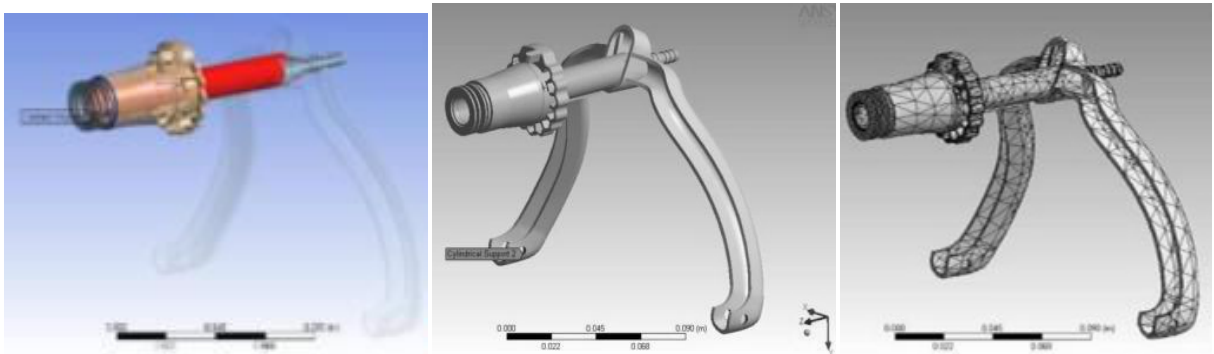
Gráfica 37: Componentes por analizar mediante FEA



- **Condiciones de frontera y mallado**

Se establecen los puntos de contacto (gráfica 39), las condiciones de frontera y su respectivo mallado:

Gráfica 38: condiciones de frontera y mallado



Se definió PEAD, (Tabla 10) para los 3 componentes con las siguientes propiedades:

Tabla 10: Propiedades del material, análisis FEA

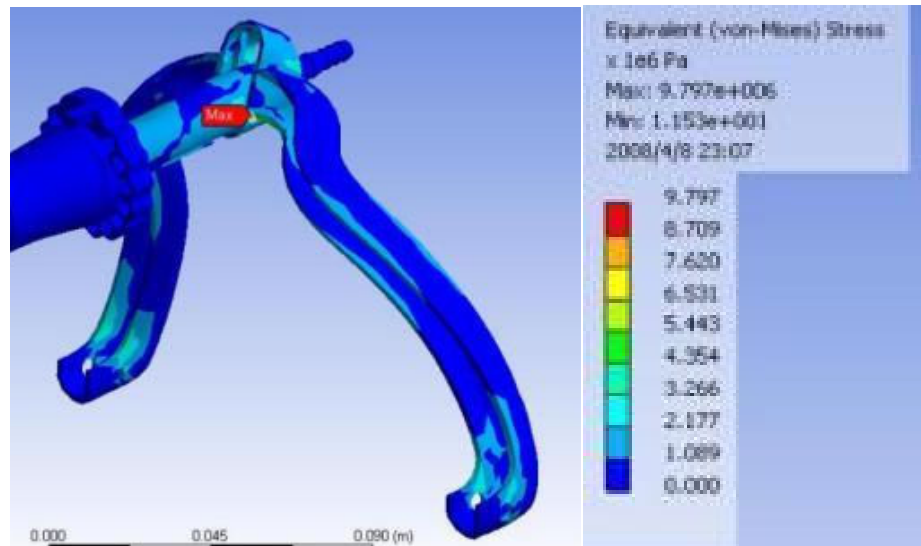
Table A2.1. "Polyethylene" Constant Properties

Name	Value
Density	974.0 kg/m ³
Poisson's Ratio	0.42
Tensile Yield Strength	2.5×10 ⁷ Pa
Tensile Ultimate Strength	3.3×10 ⁷ Pa
Young's Modulus	1.1×10 ⁹ Pa
Specific Heat	296.0 J/kg·°C
Thermal Conductivity	0.28 W/m·°C

Resultados

Los esfuerzos equivalentes máximos (Gráfica 40) que se produjeron según la teoría de von-Mises fueron en el mango doble posterior, específicamente en la unión de los brazos con la pieza central donde hay una arista viva negativa, y donde se presentó una magnitud de 9,797MPa.

Gráfica 39: Esfuerzos equivalentes máximos (Von mises)



Conclusiones del análisis de elementos finitos

- Se recomienda redondear las esquinas rectas donde se presentan los mayores esfuerzos (unión de brazos con pieza central= 9,797 Mpa, en el mango doble posterior) para liberar tensiones en la pieza.
- Estos componentes: émbolo, mango doble posterior y dosificador, son los más críticos ya que son las que se encuentran en constante movimiento y por lo tanto a fuerzas del operario. El análisis arroja resultados satisfactorios para la función que debe cumplir el producto.
- Más adelante se puede considerar optimizar los espesores y las formas para rebajar la cantidad del material y por lo tanto costos.

4.3 PLANOS DE INGENIERÍA

Si es necesario la revisión de los planos remítase al *ANEXO E: Diseño de detalle*

Se deben de utilizar dos tipos de planos unos para el prototipo y otros para el producto final ya que en algunos casos las geometrías o componentes completos en cuanto a material para acomodarse a un proceso de producción específico, el autor sólo define los planos del prototipo dentro del alcance del proyecto.

4.4 Señales indicativas, Manual y Accesorios

El concepto debe contar en el manual como en la parte física con unas señales indicativas que prevengan al usuario (Gráfica 41), como en cualquier herramienta industrial, el concepto cuenta con partes que son peligro potencial si no se previenen correctamente, así que se hace necesario recordarles al usuario tener cuidado al momento de manipularlos. Estos son la aguja y el fertilizante que sale por la aguja: las señales son las siguientes:

Gráfica 40: señales indicativas y de advertencia



Accesorios

La correa es una necesidad cuando se tenga que manipular otros elementos en el cultivo, ésta permite guardar: las agujas de repuesto en caso de que se tenga que

manipular plantas de banano o plátano contaminadas, y tienen un espacio especial para guardar la herramienta como se puede observar en la gráfica 42 a continuación:

Gráfica 41: Accesorios del prototipo



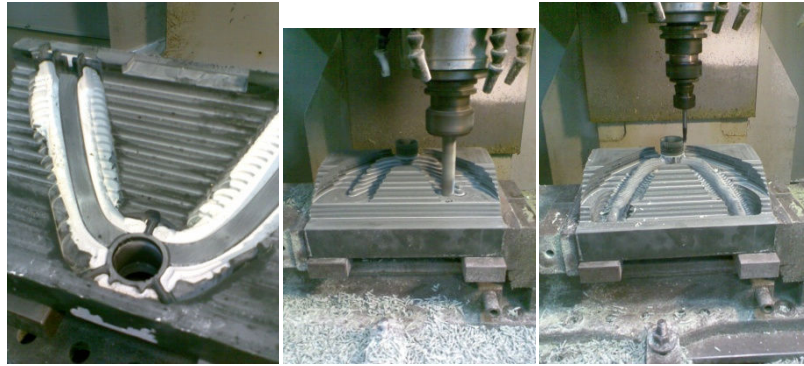
5. CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS Y REFINAMIENTO

Construcción del Prototipo

La construcción del prototipo requirió del servicio del centro de mecanizado CNC de la universidad EAFIT, la consecución de partes estándar como válvulas de no retorno y recipientes de almacenamiento se visitaron bodegas especializadas en envases y piezas plásticas, además de la visita a sastrerías locales para la construcción de la mochila de tela. Para la construcción de los mangos de agarre doble, dada su dificultad de manufactura por otros medios artesanales no se garantizarían lo mismos acabados y la precisión del centro de mecanizado CNC, como el que se presenta en la Gráfica 43, pero se deben generar varias copias de éste, así que se requirió de técnicas de

elaboración propias de las materias de modelos y prototipos, como se muestran en la Gráfica 44:

Gráfica 42: Pieza obtenida por medio de manufactura Milltronics Univ. EAFIT.



Debido a que las piezas elaboradas en resina de poliéster no garantizan las propiedades mecánicas que requiere el prototipo final, se hace necesario elaborar un molde a partir de estos mangos para inyectarle resina epóxica cuya resistencia al impacto es mayor, aunque también se puede inyectar PU como última opción. La siguiente Gráfica 44 muestra el proceso de elaboración de moldes de silicona y yeso conocidos como moldes tipo guante el cual garantiza muy buenos acabados.

Gráfica 43: construcción de los mangos del prototipo 1 obtenidos en resina epóxica



Continuación gráfica_44



Así se obtiene el producto final completamente funcional como se muestra en la (Gráfica 45):

Gráfica 44: Prototipo final inyector de fertilizantes

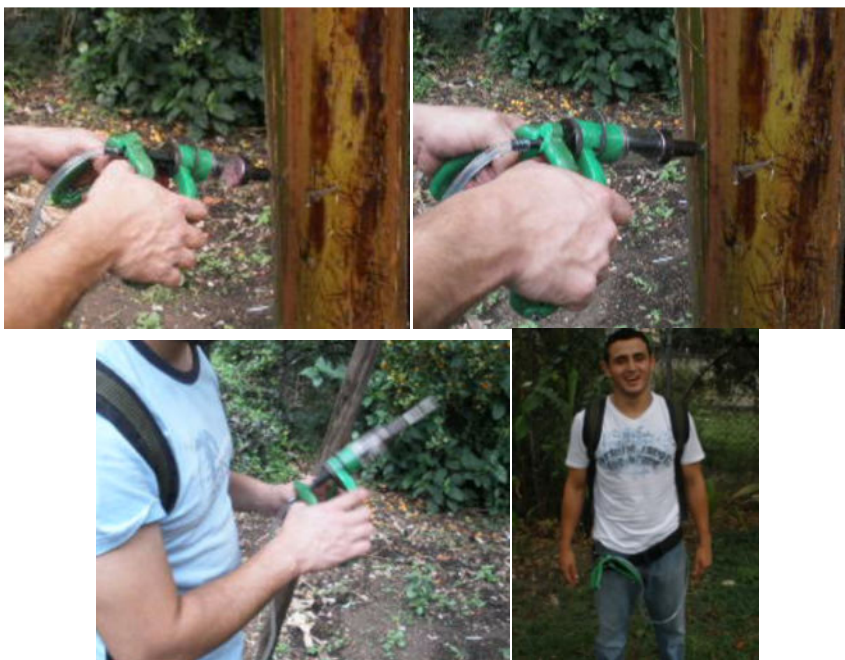


Resultados de las pruebas prototipo⁵¹

El tiempo de entrega del proyecto se presenta como una barrera para el autor realizar las pruebas en los dos contextos definidos inicialmente que son: el departamento del Magdalena y la región de Urabá antioqueño, aun así se pueden realizar pruebas en un cultivo cerca de la ciudad de Medellín, ya que el propósito inicial de la prueba es realizar evaluación de desempeño y ergonomía del concepto adicional a esta prueba se consultado nuevamente a algunos de los expertos anteriormente consultados, mediante modelaciones tridimensionales y el prototipo.

En la siguiente (Gráfica 46) se dan una muestra general de la manipulación de la herramienta:

Gráfica 45: pruebas de la herramienta en el cultivo



Conclusiones de las pruebas

- Según el experto Diego Pulgarín, la combinación entre una jeringa de uso continuo como lo es la presente herramienta y mochila representa un alivio para

⁵¹ Para profundizar en los resultado de los ensayos y pruebas, remítase al ANEXO: F

los operarios ya que actualmente (2010) utilizan recipientes rígidos y vacunadoras de ganado para realizar dichas pruebas, disminuyendo su efectividad en la aplicación en grandes cantidades de plantas, además de representar un cansancio para el operario utilizando una sola mano.

MOCHILA

- La bolsa con el líquido adentro es cómoda en la espalda del operario ya que el líquido se acomoda a la geometría de la espalda del operario.
- Las correas probaron ser resistentes a las condiciones agrestes del terreno y del uso.
- El bolsillo probó ser efectivo ya que sirve para guardar la aguja mientras la herramienta no se esté usando evitando así incluso accidentes con ésta.
- El experto Adrian Paul Delgado propone hacer un poco más grande dicha mochila para almacenar bolsa con mayor capacidad de hasta 20lts, y sacar así varias capacidades de acuerdo a la necesidad del consumidor.

PISTOLA

- El usuario ha respondido bien al uso de la herramienta el cual admite que el esfuerzo es mucho menor gracias a la ayuda del mango doble, a diferencia de las jeringas actualmente del mercado que sólo utilizan una mano. Además la geometría de los mangos se adaptan muy bien a la forma del usuario.
- Se realizaron 100 inyecciones con la herramienta **sin presentar fallas mecánicas**, donde se comprobó que la resina epóxica de los mangos del prototipo resisten al menos más de 100 ciclos. Tampoco se presentaron fallas en los materiales por efecto de la presión del agua.
- La lubricación se hace necesaria, antes, durante y después de cada aplicación para evitar el desgaste por falta de mantenimiento. Se ha notado que pruebas con agua solamente, la herramienta absorbe parte del lubricante incluso en pocas aplicaciones.

- Se probaron diferentes dosificaciones de 5 a 20ml. (el máximo) comprobando su efectividad para establecer un sola dosis exacta de aplicación a muchas plantas, en caso de que se vayan a separar por lotes, la respectiva dosis por ej. Si a un lote se le aplica 15ml. se realiza rápidamente ya que el operario no tiene que calcularlo para cada planta.
- Los vasos vasculares de la planta son verticales si las perforaciones de la aguja están en sentido horizontal, hay una gran probabilidad de que el líquido se devuelva por el agujero perforado en la planta.

Sobre el procedimiento en general

- El procedimiento como tal es efectivo (*ver video adjunto ANEXO F: procedimiento de aplicación en una planta*).
- Se recomienda realizar ensayos y pruebas con insumos químicos recomendados por un experto⁵² ya que por consideraciones de alcance y objetivos del proyecto dada la naturaleza de la prueba, no se realizaron dentro de la presente prueba.
- El procedimiento está planteado de una forma muy general para que se acomode en diferentes contextos, pero puede estar sometido a cambios de acuerdo a las especificaciones de insumo por utilizar (si es fertilizante, fungicida o complemento) y a criterio del experto a cargo del cultivo.

5.1 PROPUESTA DE MEJORADA⁵³

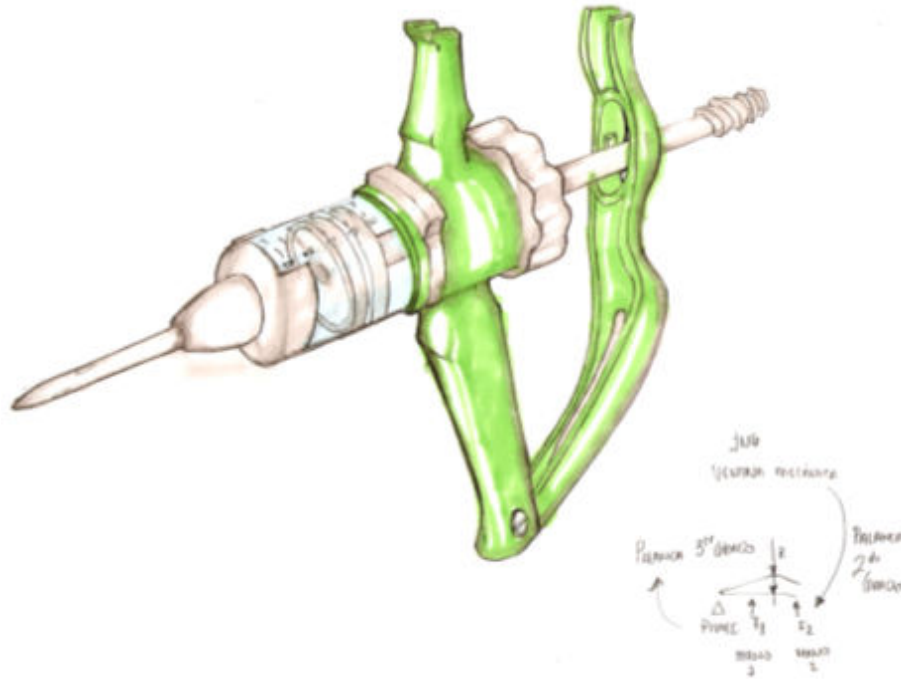
Gracias a la retroalimentación recibida por las pruebas del prototipo anterior se hace evidente refinar aún más prestándose la siguiente propuesta. Se optimizó el diseño tal y como se muestra a continuación en la Gráfica 47:

:

⁵² Por ejemplo empresas como COSMOAGRO® se encuentra realizando ensayos y pruebas de nuevos insumos.

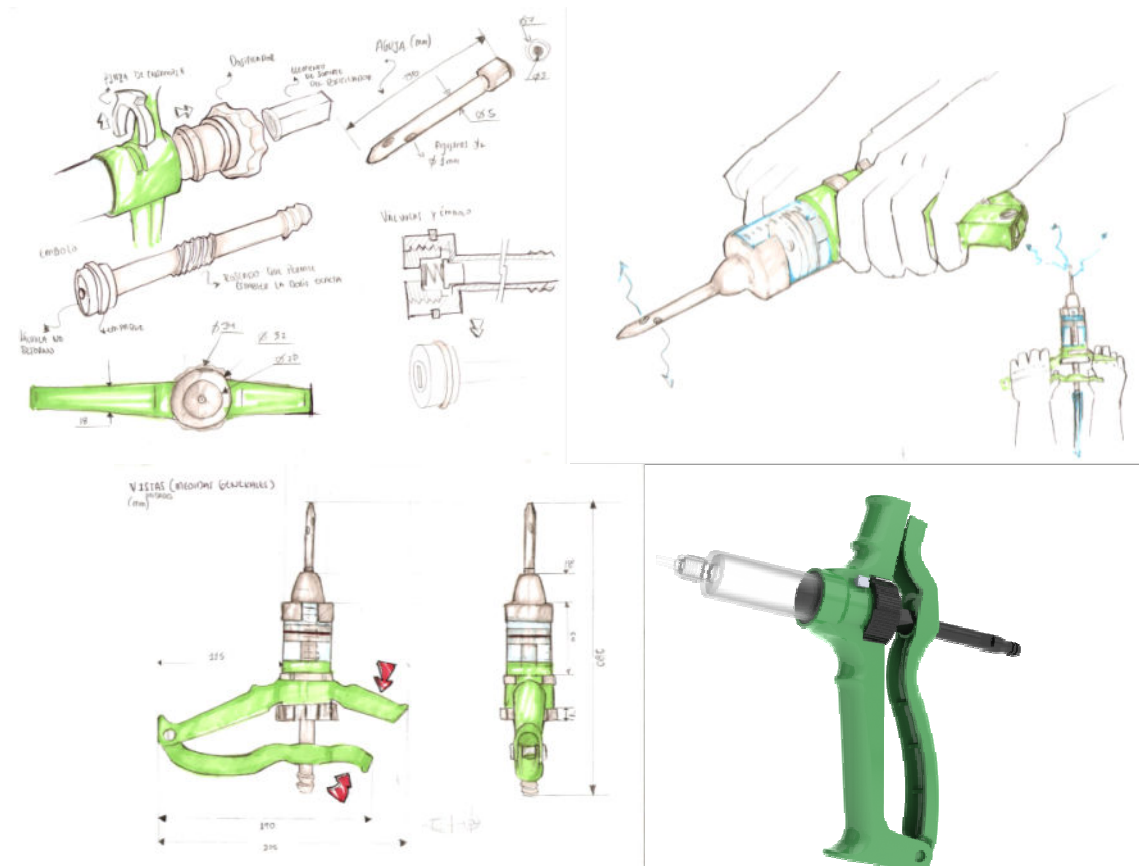
⁵³ Es una propuesta que el autor desea plantear como desarrollo a futuro.

Gráfica 46: Optimización de la alternativa Final



En la alternativa de la gráfica 47, se hace uso del principio de palanca de segundo y tercer grado para cada mano, permitiendo así agilizar el proceso de aplicación de fertilizantes y reduciendo el esfuerzo necesario.

Gráfica 47: detalles de la propuesta mejorada, forma de manipulación, medidas generales y modelación 3D de la propuesta



6. CONCLUSIONES

Se ha encontrado que en el estado del arte hay tecnologías que aparentemente parecen sencillas y aún así no se han adoptado en Colombia, se concluye entonces según la opinión del autor, que no necesariamente se deba hacer desarrollo de producto para generar innovación radical, se puede apropiar dichas tecnologías y realizar mejoras incrementales que se ADAPTEN al contexto colombiano.

Se comprobó la necesidad de un desarrollo de un concepto de herramienta inyección de sustancias para el cultivo del banano, prevista por la investigación mercados, aprovechando la transición del país hacia la innovación tecnológica de los cultivos.

Se ha comprobado que la metodología propuesta por los autores Ulrich y Eppinger se responde de manera efectiva para el desarrollo de este tipo de productos y herramientas para el sector agrícola obteniéndose una propuesta innovadora y mejorada.

El concepto desarrollado en el presente proyecto puede aparentar ser sencillo en primera instancia, pero es una herramienta que requiere de una gran variedad de saberes y conocimientos que, para una sola persona resultaría imposible hoy en día desarrollarla sin la ayuda de un equipo de trabajo.

Queda demostrado que la clarificación del concepto en subsistemas se puede seguir estudiando aún más para facilitar la generación de nuevos conceptos en un futuro⁵⁴.

Queda demostrado en las pruebas de campo que se debe establecer un vínculo más directo con el usuario, el consumidor y el cliente del sector agrícola, motivándolo a que participe en el desarrollo del proyecto desde las primeras etapas, haciendo que incremente su interés, y por ende pueda aceptar fácilmente un nuevo producto o herramienta del cual ya conoce, porque ayudó a concebirlo de forma activa.

⁵⁴ (ver Anexo D p.34)

Las herramientas necesarias como CAD/CAM/CAE corresponde a una tecnología que se debe adoptar dentro de cualquier empresa que desarrolle productos ya que se ahorra una cantidad enorme de tiempo y dinero en prototipos, obteniéndose piezas de calidad con mejores geometrías y menor consumo de material. El uso de estas herramientas permitió que se corrigieran algunos baches del concepto en la etapa de ingeniería de detalle, lo cual ahorró tiempo en la construcción ya que pudo haber sido un problema solucionarlos luego.

7. RECOMENDACIONES

Como opinión del autor se recomienda a cualquiera que quiera ingresar al desarrollo de productos en el sector agropecuario que tenga en cuenta en mercadeo la PLAZA, PRECIO Y PROMOCIÓN para la comercialización de productos exitosos en el contexto Colombiano, por experiencias anteriores en dicho sector por parte del autor concluye que en muchos casos dicha tecnología ya existe en otra parte del mundo, sólo se debe **ADAPTAR** dicha tecnología al contexto y la cultura Colombiana.

El gobierno se ha convertido en un gran promotor de estas iniciativas tecnológicas enfocadas en la productividad del sector agrícola, buscándole brindar bienestar al campesino Colombiano, por lo que representa como una gran oportunidad para el ingeniero de diseño de productos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- BAXTER, Mike. Product Design. Chapman & Hall: London.1995.p 308
- CROSS, Nigel, Métodos de Diseño, México D.F.: Editorial Limusa, S.A. de C.V., Grupo Noriega Editores, 2003. 190 p.
- EISSEN, Koos; STEUR, Roselien, "SKETCHING : DRAWING TECHNIQUES FOR PRODUCT DESIGNERS". Amsterdam: Bis publishers. 2007.
- ULRICH, Kart T. y EPPINGER, Steven D. Diseño y desarrollo de productos. EU: McGraw Hill, 2004. Tercera Edición. 366 p.
- PUGH, Stuart (1991) "Total Design". Addison Wesley, Harlow (UK).
- PALH & BEITZ, "Engineering Design: a systematic approach". Berlín: Springer: 1990.p.530
- PANERO, JULIUS y ZELNIK, MARTIN, "Las dimensiones humanas en los espacios interiores". España: ed. Barcelona, 2007
- PALENCIA, Gildardo. "Manejo sostenible del cultivo del plátano".Publicación CORPOICA, Bucaramanga 2006.
- DUL, Jan y WEERDMEESTER, Bernard. "Ergonomics for Begginers a quick reference guide", CRC Press Taylor Francis Group, 2008, Tercera edición, p.147

REFERENCIAS DE INTERNET

La cadena de banano en Colombia [documento electrónico] : una mirada global de su estructura y dinámica, 1991-2005 Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio Agrocadenas Colombia -- Bogotá : < www.agrocadenas.gov.co>, 2006. -- 51 p. -- (Documento de Trabajo No. 101)

CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY.[documento electrónico].<<http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/handtools/tooldesign.html>>Citado el 16 de septiembre 2009

BIOLOGÍA Y PARTES DE LAS PLANTAS “<http://www.cfi-technology.com.ar/TRANSLOCACION.pdf> “, 5 Enero, 2010

CANADIAN centre for occupational health and safety. [documento electrónico]. Canadá: CCOHS. <http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/handtools/tooldesign.html>> citado el 15 de Octubre 2009

PROCAFE - Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café, técnica FERDIN. [documento electrónico] . El Salvador: La Fundación. 2004-2006 (citada el 2 de Agosto de 2009). <<http://www.procafe.com.sv/menu/Investigacion/Fertilizacion.htm>> citado el 3 de agosto de 2009

DUPONT. [documento electrónico]. USA
<<http://www.dupontelastomers.com/Products/Viton/techInfo.asp>> citado el 10 de Enero 2010

AUGURA. Estadísticas Bananeras 2002-2007 [documento electrónico]. Uraba: Departamento de estadística <http://www.augura.com.co/esta_interna.htm>. (Citado el 2 Agosto de 2009)

GOBERNACION DEL MAGDALENA: .[documento electrónico].
<<http://www.magdalena.gov.co/index.shtml>> Magdalena: Gobernación.citado el 8 Mayo de 2009

FUNDACION VIZTAZ.[documento electrónico].
<<http://www.viztaz.com.co/puebli/entrada/geura.htm>> Medellín: Gobernación.citado el 8 Mayo de 2009

AGROCADENAS,.[documento electrónico]. “caracterización banano”p.8 Bogotá: MADR<www.agrocadenas.com/banano>Bogotá: MADR, (citado 15 febrero de 2009).

FREE PATENTS ONLINE.[documento electrónico]. <www.freepatentsonline.com.>
Citado el 10 noviembre, 2009

MANUAL DEL EXPORTADOR DE FRUTAS: cluster del banano en uraba .[documento electrónico]. <<http://interletras.com/manualCCI/Concentraciones/URABA/uraba05.htm>>
manual del exportador, Bogotá