

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“EVALUACIÓN DE VELOCIDAD SIEMBRA DE MAÍZ FORRAJERO
CON SEMBRADORA NEUMÁTICA EN EL DISTRITO DE VITOR,
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA”**

JULIO CÉSAR VARGAS CANAZA

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRICOLA**

LIMA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“EVALUACIÓN DE VELOCIDAD SIEMBRA DE MAÍZ FORRAJERO CON
SEBRADORA NEUMÁTICA EN EL DISTRITO DE VITOR, PROVINCIA
Y DEPARTAMENTO DE AREQUIPA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

Bach. Julio César Vargas Canaza

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. ISSAAK RAFAEL VÁSQUEZ ROMERO
Presidente

Mg. Sc. ALEXIS ENRIQUE RUBIO VALLE
Miembro

Mg. Sc. LUIS RAMÓN RÁZURI RAMÍREZ
Miembro

Dr. FREDY OMIS CÁCERES GUERRERO
Asesor

LIMA – PERU

2020

INDICE GENERAL

I.	PRESENTACIÓN.....	1
1.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES DESEMPEÑADAS Y SU VINCULACIÓN CON LA CARRERA PROFESIONAL.....	1
1.1.1.	Funciones durante la etapa de cotización y compra de maquinaria agrícola...	1
1.1.2.	Funciones durante las etapas de entrega técnica y pruebas de campo.....	12
2.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS DE LA PUESTA EN PRÁCTICA DE LO APRENDIDO DURANTE LOS 5 AÑOS DE ESTUDIO.....	14
2.1.1.	Reconocimiento de los tipos de tractores:	14
2.1.2.	Lubricación en motores de tractores:.....	19
2.1.3.	Sistema hidráulico del tractor	21
2.1.4.	Sistema de embrague	22
2.1.5.	Tipos de labranza.....	23
2.1.6.	Calidad de siembra	25
2.1.7.	Pruebas de campo	28
	Al realizar demostraciones o entregas técnicas, que permitían medir en campo la velocidad de trabajo de distintos implementos, verificando los valores de fricción, patinamiento y de ser necesario corregir lastrado de neumáticos o pesas incluidas. ...	28
2.1.8.	Verificación del correcto lastrado.....	29
II.	INTRODUCCIÓN	31
III.	OBJETIVOS.....	33
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	33
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
IV.	DESARROLLO DEL TRABAJO	34
4.1.1.	Ubicación y accesibilidad.....	34
4.1.1.1.	Ubicación política.....	34
4.1.1.2.	Ubicación geográfica.....	35
4.1.1.3.	Ubicación hidrográfica	36
4.1.1.4.	Accesibilidad	36
4.1.2.	Población	37
4.1.3.	Caracterización climática	37
4.1.4.	Hidrología.....	38
4.1.5.	Geomorfología.....	38
4.1.6.	Estratigrafía	38
4.1.7.	Fisiografía.....	39
4.1.8.	Uso de suelos	39
4.2.1.	Ejecutar las pruebas de siembra considerando la variación de velocidades en 3 km/h, 6 km/h y 9 km/h	41
4.2.1.1.	Consideraciones para los ensayos	41
4.2.1.2.	Determinación del número de semillas	41
4.2.1.3.	Verificación de calibración de sembradora	42
4.2.1.4.	Número de semillas por metro lineal.....	42

4.2.1.5. Estimación del daño mecánico	43
4.2.1.6. Estimación del porcentaje de patinamiento del tractor.....	44
4.2.1.7. Evaluación de la germinación.....	45
4.2.1.8. Evaluación de la uniformidad de siembra	46
4.2.1.9. Capacidad de trabajo	49
4.2.2. Realizar un comparativo de los costos de producción considerando para cada una de las velocidades evaluadas (3 km/h, 6 km/h y 9 km/h).....	53
4.2.2.1. Costo propio del tractor	53
4.2.2.2. Costo propio de sembradora neumática John Deere modelo1030	55
4.2.2.3. Evaluación del costo operativo (tractor + sembradora) con relación a las velocidades en evaluación.....	57
4.2.2.4. Costo de semillas	60
4.2.2.5. Producción sin resembrar (jornales)	63
4.2.2.6. Costo por uniformización	66
4.2.2.7. Determinación de costos por hectárea del maíz forrajero	67
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	72
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.Ficha de especificaciones técnicas de la sembradora 1030 de John Deere	7
Tabla 2. Lista de verificación de entrega.....	12
Tabla 3.Costos de producción ejemplo John Deere	25
Tabla 4: Ejemplo de Coeficiente de Variación.....	27
Tabla 5.Ubicación política del proyecto.....	34
Tabla 6.Ubicación geográfica del área de evaluación del proyecto	35
Tabla 7. Accesos a la zona de estudio	36
Tabla 8. Población actualizada al 2013 en el distrito de Vitor	37
Tabla 9. Número de semillas promedio en 10 vueltas de la rueda sembradora	42
Tabla 10. Número de semillas por metro lineal.....	43
Tabla 11. Numero de semillas rotas por sembradora a diferentes velocidades.....	43
Tabla 12. Porcentaje de patinamiento con implemento sin carga	45
Tabla 13. Porcentaje de germinación de semillas.....	46
Tabla 14. Mediciones del distanciamiento entre semillas	47
Tabla 15. Valores de desviación estándar del distanciamiento entre semillas	48
Tabla 16. Valores de coeficiente de variación.....	48
Tabla 17: Costos por hectárea del maíz forrajero.....	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Subsolador fijo modelo 913	3
Figura 2. Arado de discos 624 (toma de fuerza 40-53 hp)	4
Figura 3. Arado de vertederas 945 (toma de fuerza 64-75 hp).....	5
Figura 4. Rastra MX 225 (toma de fuerza 60-90 hp)	5
Figura 5. Cultivador MX10 (toma de fuerza 43-90 hp)	6
Figura 6. Sembradora John Deere Modelo 1030	10
Figura 7. Pulverizadora aspersora M115 (tanque de 1500L)	10
Figura 8. Cosechadora de arrastre de maíz forrajero (toma de fuerza 106 hp)	11
Figura 9. Cosechadora autopropulsada de maíz forrajero modelo 7350	11
Figura 10. Tractor T4F (107 CV)	15
Figura 11. Tractor Modelo 6100D (99hp)	15
Figura 12. Pulverizadora autopropulsada modelo M4040 (278 hp)	16
Figura 13. Cargador frontal modelo 512	16
Figura 14. Tractor modelo 5076 EF (77hp).....	17
Figura 15. Tractor modelo 5415 (77hp al motor y 67 hp a la toma de fuerza)	18
Figura 16. Tractor modelo 7210R (210hp).....	19
Figura 17. Diversas formas de crecimiento del maíz por problemas de siembra.....	26
Figura 18. Esquema para el cálculo del coeficiente de variación.....	27
Figura 19. Ubicación política del proyecto	34
Figura 20. Vista satélital del distrito de Vitor	35
Figura 21. Ubicación geográfica del proyecto.....	36
Figura 22: Esquemización de la parcela en estudio.....	41
Figura 23. Imagen referencial del tractor Narrow 5076EF con pulverizadora.....	69
Figura 24. Imagen referencial del tractor Narrow 5076EF con desmalezadora.....	69
Figura 25. Imagen referencial del tractor 7230J con sembradora de granos	70
Figura 26. Imagen referencial del tractor 6110D con mezclador de alimentos.....	70
Figura 27. Imagen referencial del tractor 5075E con pala cargadora.....	71

I. PRESENTACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES DESEMPEÑADAS Y SU VINCULACIÓN CON LA CARRERA PROFESIONAL

Por la naturaleza del trabajo como representante de ventas de maquinaria agrícola en la Empresa IPESA S.A.C. y ZAPLER S.A.C., las funciones desempeñadas vinculadas a la carrera referente a la mecanización agrícola, durante el periodo 2015 al 2018, se desarrollan por etapas: Cotización – Compra y Entrega Técnica - Pruebas en Campo, como se desarrolla a continuación:

1.1.1. Funciones durante la etapa de cotización y compra de maquinaria agrícola

1.1.1.1. Recabar la información durante la entrevista al productor para recomendar en la elección del tractor de ser necesario, según:

- Potencia: relacionado al implemento a utilizar y necesidades de caudal en el sistema hidráulico. El tipo de labor a realizar ya sea siembra, ganadería, pulverización, entre otros.
- Consumo: es un factor importante en la elección que tiene estrecha relación y tipo de suelo.
- Marchas: que tiene como finalidad reducir consumo de combustible, aumentando la eficiencia del motor. Esto se logra teniendo la configuración adecuada de marchas requeridas para la labor a realizar.
- Tracción: puede ser de tracción simple y asistida, depende de la potencia requerida.

- Transmisión: entre las más utilizadas son las sincronizadas, entre estas las de tipo Power Shuttle, marchas ultralentas, con inversor de marcha. Se suman las de tipo mecánicas, en menor cantidad, pero valoradas por su bajo costo en reparación y repuestos, en contraparte las sincronizadas reducen tiempo de operación e integran versatilidad. Los mandos los hay en consola y palanca al piso.
- Componentes hidráulicos: dependiendo del trabajo a realizar e implemento a utilizar, será necesario un sistema de varios componentes y sistema de centro hidráulico cerrado, que permite mantener el caudal constante y realizar aplicaciones simultáneas. Para sembradoras hidráulicas se recomienda tractores equipados hidráulicamente para altas prestaciones.
- Confort: dependiendo de las condiciones climáticas contar con calefacción o refrigeración, debe tener buena visibilidad, procurar que evite vibraciones y ruidos. Además de asientos cómodos y ergonómicos, ya que en ocasiones son largas jornadas.
- Rodados: las de mayores usos son las radiales que permiten la mejor flotación ya que tienen mayor área de contacto y con ello reducen la compactación. También están las lisas usados en rodajes de tracción delantera en tractores de tracción simple, de uso muy focalizado en algunas zonas del país.
- Energía: hay una tendencia creciente al diseño de tractores que representen una fuente de energía eléctrica para implementos cada vez más sofisticados. (FUSTER, 2018)
- Precisión: ahora existen dispositivos que permiten el piloto automático dirigidos satelitalmente desde un centro de control con alta precisión, con pantallas táctiles en las consolas de cabina, para las funciones y operaciones del tractor, por lo general utilizados para campos dedicados a la agro exportación.
- Seguridad: que cuenten con arco antivuelco y cinturón de seguridad.

1.1.1.2. Elección de implemento según criterios de aplicación:

Para la preparación del suelo, ya sea:

- **Labranza de subsuelo:** se realiza este tipo de labranza cuando el campo ha sido sometido a compactación ya sea por pastoreo de ganado o tránsito excesivo de maquinaria, por lo general en cultivo de papa se utiliza las cabeceras para rotación de tractor. Otro motivo por el que es necesario la labranza, es cuando los campos son de textura arcillosa o de bajo contenido de materia orgánica. El exceso de labranza deja el suelo sumamente mullido, típico por el uso repetitivo de rastras de discos, el cual colabora en la compactación.

Para esta labor se utiliza: subsoladores o descompactadores.

- Subsoladores: de trabajo profundo, compuesto por un bastidor y uno o más brazos sólidos y resistentes de acero que trabajan a profundidad mayor al de laboreo regular. Rompe capas de suelo en V del fondo a la superficie sin voltear las capas, debe calibrarse para llegar por lo menos 10 cm por debajo de capa a romper. Regularmente utilizados para profundidades mayores a 100 cm.

Los más utilizados son de brazos rectos y curvos, como se aprecia en la Figura 1.



Figura 1: Subsolador fijo modelo 913
Fuente: John Deere (2018)

- Descompactadores: compuesta de varios brazos cortos que tienen como principal función, generar esponjamiento del suelo procurando la superficie intacta. Para ello es recomendable utilizar de brazos oblicuos. Los descompactadores se utilizan para profundidades de hasta 50 cm.
- **Labranza:** voltea el perfil de suelo hacia un lado, para oxigenar y descompactar el perfil de siembra, con ello también se busca la incorporación de materia orgánica al suelo, y la eliminación de malas hierbas. Los implementos más utilizados son: Arado de discos y de vertedera.
- Arado de discos: compuesto por discos sostenidos cada uno por un eje que a la vez se unen en un bastidor altamente resistente. El bastidor se acopla a los tres puntos y las mangueras que posee a las válvulas de control hidráulico del tractor, lo que permite el izaje del implemento al llegar a la cabecera de campo (o modo transporte) o para bajar el implemento y poner en modo de trabajo. Las mangueras hidráulicas permiten girar el sentido de los discos al girar el tractor en las cabeceras. Los discos deben estar ligeramente inclinados para asegurar un adecuado ángulo de ataque e ingresar sin mayor dificultad al suelo. Los arados de disco realizan el volteo del perfil de modo caótico e incompleto. Por lo que cada vez son menos utilizados. (Ver Figura 2)



Figura 2. Arado de discos 624 (toma de fuerza 40-53 hp)
Fuente: John Deere (2018)

- Arado de vertedera: el diseño de las paletas que realizan el volteo de la capa arable permiten que sea homogéneo logrando mayor desintegración, generando mayor porosidad, con ello mayor capacidad de retención de agua e

incorporando materia orgánica. Para suelos costeros se utiliza de partida y para suelos arcillosos de rejilla por tener menor superficie de contacto, por lo tanto, menor resistencia a la adherencia. (Ver Figura 3)



Figura 3. Arado de vertederas 945 (toma de fuerza 64-75 hp)
Fuente: John Deere (2018)

- **Mullido del suelo:** después de uno o más días después de arar el suelo se pasa la rastra que consta de discos lisos, dentados o mixtos sujetos en un bastidor, la finalidad es mullir el suelo, por lo que debe contener cierta humedad el terreno para lograr un mejor disgregamiento de los terrones. Dependiendo del tipo de rastra, solo se utiliza rastra y no arado previamente. (Ver Figura 4)



Figura 4. Rastra MX 225 (toma de fuerza 60-90 hp)
Fuente: John Deere (2018)

- **Preparación superficial del terreno:** los cultivadores son cinceles sujetos a un bastidor, se utiliza regularmente para preparar superficialmente el terreno para la siembra. (Ver Figura 5)



Figura 5. Cultivador MX10 (toma de fuerza 43-90 hp)
Fuente: John Deere (2018)

- **Fertilización:** las fertilizadoras se encuentran regularmente acoplados a implementos de siembra, son para productos líquidos o granulados, que cuentan con elemento que abre surco y otro que tapa surco.

- **Aplicación de abono:** las abonadoras utilizan desechos de orina y excretas del ganado, por lo general vacuno, aunque se pueden utilizar de otros animales, siempre y cuando se hayan degradado y no representen riesgo para los cultivos venideros. También pueden ser de excretas sólidas, disgregadas por paletas batidoras de excretas en tolvas traccionadas por tractores y diseminadas al voleo.

- **Siembra:** las máquinas sembradoras destinadas a colocar la semilla en el suelo evitando daños y a distanciamiento y profundidad conveniente. Los hay de varios tipos: a voleo, en líneas, de precisión (a golpes y monograno) y siembra directa; dependiendo del grado de precisión que se busque.
 - Sembradora al voleo; esta sembradora se utiliza mayormente en praderas para pasturas como por ejemplo la avena forrajera en los campos de Puno. Hay que tener en cuenta que el problema de siembra a voleo es la dificultad de labores subsecuentes de mecanización.

 - Sembradora en línea; la principal característica es que permiten distanciamiento uniforme entre líneas mas no entre semillas, lo que provoca

menor desarrollo de plantas por la alta competencia por nutrientes. Además de desperdiciar semilla y con baja probabilidad de desarrollo óptimo.

- Sembradora a golpe; justamente son “golpes” de siembra, es decir un grupo de semilla por punto, separados uniformemente entre puntos. Se utilizan regularmente para granos gruesos como: maíz, algodón y leguminosas, el mecanismo de distribución es por medio de platos que tienen alveolos donde se ubican las semillas, conforme el plato gira y llega a su punto de salida, las semillas caen al suelo.
- Sembradora de monograno; como su nombre indica se utiliza una semilla por punto de siembra, se realiza a distancias regulares. Vemos que el plato que se utiliza determina la siembra de monograno o golpes.

Un ejemplo de sembradora monograno, es la sembradora neumática John Deere modelo 1030, que tiene como opción trabajar con sistema tradicional, así como en labranza reducida, adaptándose a las condiciones de terreno en sus diferentes texturas. Se siembra con vacío y sin vacío. El mando para el sistema de vacío, se genera con una bomba hidráulica conectada a la toma de fuerza del tractor, con esto brinda ahorros significativos en semilla, diésel y en reparaciones de embargue, obteniendo mayor productividad de campo. En la Tabla 1 se presenta sus especificaciones técnicas.

Tabla 1. Ficha de especificaciones técnicas de la sembradora 1030 de John Deere

Granos	
Tipo	Para siembra de granos de maíz, sorgo, algodón, soya, garbanzo y frijol
Labranza	
Tipo	Labranza reducida o convencional (según sea el requerimiento del cliente)
Siembra	
Profundidad	De 2 a 15 cm controlada por la rueda prensadora o compactadora trasera y sistema de levante del tractor. (Dependiendo del equipamiento, tipo de labranza y condición o dureza del suelo)

Hileras		
Espaciado	4 hileras 50; 61; 65,6, 76; 80; 85 cm 6 hileras 50; 61; 65, 6; 76 cm	
Configuración		
Número de hileras	4 hileras	6 hileras
Peso aproximado sin semilla ni fertilizante (1)	1,193 kg	1,560 kg
Peso aproximado con semilla y fertilizante (1)	1,566 kg	2,391 kg
Longitud del PTR	3.25 m	
Rueda de mando	2	
(1) Configuración básica más sistema de insecticida		
Compatibilidad		
Para tractores 64 – 135 HP a la TDF (equipados sin acople rápido)	Dependiendo de la cantidad de hileras de y equipo de las sembradoras	
Bastidor de Eganche		
Integral de tres puntos categoría II	Sin acople rápido	
Longitud 3.25 m para 4 hileras	Básico	
Longitud 4.5 m para 6 hileras	Básico	
Marcadores hidráulicos		
Alternado automático	Cilindro de doble acción y sistema de seguridad por tornillo fusible en ambos marcadores	
Pie de soporte		
Incluido en máquina básica		
Transmisión de mando		
Para sistema de semilla y fertilizante	Para cadena de rodillos y rueda de mando independiente de la unidad de siembra	
Neumáticos		
2 ruedas tipo agrícola para implemento	7.6 – 15.6 Telas 275 KPa (2.75 Bar) (40PSI)	
Limpiador para ruedas de mando	Básico	
Guarda para cadena de mando	Básico	
Sistema de Nivelación		
Mecanismo de presión descendente	Por paralelogramo	
Resortes sencillos no ajustables	Capacidad hasta 90 lbs de presión	
Resortes dobles no ajustables	Capacidad hasta 180 lbs de presión (opción)	
Sistema fertilizador		
Para fertilizante granular seco	Botes fertilizantes de polietileno de alta densidad.	
Capacidad del bote fertilizante	65L (1.85 bu) (Recomendado para tractores 64 – 75 HP TDF)	
Capacidad del bote fertilizante	109 L (3 bu) (Recomendado para tractores de más de 90 HP TDF)	
Dosificador sinfín para granulado seco	Básico	
Descarga del fertilizante		

Por discos frontales en “V”	A un lado (5cm) de la semilla (opción)
Por patín o machete abridor	Para siembra convencional (opción)
Sistema de siembra	
Botes semilleros	De polietileno de alta densidad
Capacidad del bote semillero	58 L (1.6 Bu)
Dosificación de semilla	
Dosificador de copas	
Dedos recolectores	
Dosificador radial de frijoles	
Abresurcos de semillas	
Disco	Doble TRU-VEE
Limpiadores de TRU-VEE	Interior escudo integrado en máquina básica
Adicionalmente limpiadores externos de placas	Para trabajo liviano (opción)
Placas de servicio pesado	Opción
Sistema de arropamiento de semillas	
Por rueda prensadora o compactadora semi – neumática	Básico
Palas cubridoras	Opción
Discos cubridores	Opción
Acondicionadores	
Frontales (para labranza reducida)	
Disco cortador frontal ondulado	De 8, 13, 25 ondulaciones (opción)
Separador de maleza	Opción
Frontales (para labranza convencional)	
Acondicionador de cama en “V”	Opción
Reja abresurco para trabajo liviano	Opción
Sistema insecticida	
Para insecticida granulado seco	Opción
Bote insecticida	
Material	Polietileno de alta densidad
Capacidad	16 L
Sistema dosificador de insecticida	
Con ruedas dentadas y dosificador	
Con perilla reguladora de compuerta y mecanismo de cilindro con patas	

Fuente: John Deere (2018)



Figura 6. Sembradora John Deere Modelo 1030

Fuente: John Deere (2018)

- Sembradora para siembra directa; es la siembra en la que se integran varias labores como: apertura de surco, deposita la semilla, deposita el fertilizante por otro conducto cerca a la semilla y cierra el surco. Este tipo de sembradora disminuye impacto en el suelo y reduce costos operativos, aumentando el margen de ganancia.
- **Aplicación de agroquímicos:** las pulverizadoras son utilizadas para la aplicación de herbicidas o plaguicidas en tanques de más de 500 litros hasta alrededor de 2200 litros accionadas por TDF o válvulas de control hidráulico y traccionadas por tiro o suspendidas por enganche de tres puntos. (Ver Figura 7)



Figura 7. Pulverizadora aspersora M115 (tanque de 1500L)

Fuente: John Deere (2018)

- **Cosecha:** existen dos tipos de cosechadoras: las de arrastre (Ver Figura 8) y las autopropulsadas (Ver Figura 9); las de arrastre han sido las de mayor uso, pero no las de mayor rendimiento, maniobrabilidad y menores costes de operatividad; sin

embargo, si de uso extendido por diferencia de costos con la cosechadora autopropulsada. Son de vital importancia al momento de la elección tecnológica, buscando la mayor capacidad de trabajo bajo condiciones climáticas diversas, forma de parcelas, terreno, entre otros.



Figura 8. Cosechadora de arrastre de maíz forrajero (toma de fuerza 106 hp)
Fuente: John Deere (2018)





Figura 9. Cosechadora autopropulsada de maíz forrajero modelo 7350
Fuente: John Deere (2018)

1.1.2. Funciones durante las etapas de entrega técnica y pruebas de campo

1.1.2.1. Verificación de correcto funcionamiento de tractor e implementos antes de hacer la entrega de las máquinas a usuario final

Antes de realizar la entrega formal se realiza la inspección visual, prueba de los sistemas y verificación del correcto funcionamiento, tal como indica el protocolo de entrega de la empresa IPESA S.AC. en el 2015, y que se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2. Lista de verificación de entrega

 LISTA DE VERIFICACIÓN DE ENTREGA 	
Cliente:	N° Motor:
Dirección:	Horas Trabajadas:
N° Serie de la máquina:	Fecha de entrega:
	Teléfono:
Los siguientes trabajos de mantenimiento fueron realizados durante la entrega:	
En el concesionario:	
<input type="checkbox"/> Revisión de Preentrega completada <input type="checkbox"/> Configuración final de la máquina Configuración del Monitor y Ajustes de la Máquina para Incrementar: Productividad, Tiempo productivo y reducción de costos de Operación <input type="checkbox"/> Todos los adhesivos instalados (Stickers de: seguridad, concesionario e idioma)	<input type="checkbox"/> Revisión de la configuración de la máquina, incluyendo opciones & accesorios <input type="checkbox"/> Todos los impresos y literatura necesarios estan disponibles (Manual del Operador y catalogo de partes) <input type="checkbox"/> Instaladas las opciones especificadas por el cliente
_____ TÉCNICO IPESA S.A.C. (NOMBRE Y FIRMA)	
Durante la entrega al cliente:	
Revisión máquina:	
<input type="checkbox"/> Adhesivos de aviso de la máquina <input type="checkbox"/> Accesorios y medidas de seguridad	<input type="checkbox"/> Ubicación números de serie <input type="checkbox"/> Manual del operador
Demostración de procedimiento de manejo:	
<input type="checkbox"/> Puesta en marcha y parada <input type="checkbox"/> Controles de motor y transmisión <input type="checkbox"/> Acelerador/Frenos <input type="checkbox"/> Equipo luces	<input type="checkbox"/> Calefacción (*) / Aire Acondicionado (*) <input type="checkbox"/> Monitores/indicadores <input type="checkbox"/> Asiento / Radio(*) <input type="checkbox"/> Procedimiento de Seguridad
Mantenimiento:	
<input type="checkbox"/> Niveles de aceite <input type="checkbox"/> Puntos de engrase <input type="checkbox"/> Mantenimiento y cuidado neumáticos	<input type="checkbox"/> Baterías <input type="checkbox"/> Filtros <input type="checkbox"/> Líquido refrigerante
*SI APLICARA	
Por el presente confirmo la recepcion del equipo en buen estado. El equipo ha sido preparado debidamente para la entrega y he sido instruido en el uso seguro y el mantenimiento diario del mismo, según consta en este documento.	
_____ RESPONSABLE CLIENTE (NOMBRE Y FIRMA)	_____ TÉCNICO IPESA S.A.C. (NOMBRE Y FIRMA)

Fuente: IPESA S.A.C. (2015)

A continuación, se presenta el detalle del protocolo de entrega:

- **Revisión de la máquina**

- a. Adhesivos de aviso de la máquina: como principal función, instruir, alertar, identificar, describir o explicar riesgos durante la operación o mantenimiento.
- b. Accesorios y medidas de seguridad: verificar el estado y funcionamiento de cinturón de seguridad, la instalación y abatimiento (si cuenta con ello) del arco antivuelcos.
- c. Ubicación de número de serie, del motor y del chasis.
- d. Manual del operador: se hace la entrega al operador.

- **Demostración de procedimiento de manejo**

- a. Puesta en marcha y parada, como acción previa se chequea el nivel de aceite en el cárter del motor; se sube a la cabina y se toma asiento, y se regula el mismo para comodidad del operario, se coloca el cinturón de seguridad, se verifica que las palancas de transmisión se encuentren en reposo, y el embrague e inversor de sentido en neutro. Se gira la llave, los indicadores en el tablero se encienden e indicarán si existe alguna revisión a algún componente, luego se enciende el motor se deja unos minutos encendido con la finalidad que el aceite se distribuya por el sistema (esta labor es recomendable al empezar el día o se haya dejado varias horas sin usar la máquina) y luego inicia marcha.
- b. Controles de motor y transmisión: se verifica que el sistema de alimentación funcione correctamente, así como de lubricación y enfriamiento.
- c. Acelerador / Frenos: utilizar el pedal de aceleración y realizar cambios de marcha, verificar el correcto funcionamiento. Verificar correcto funcionamiento de frenos en conjunto y de cada lado.
- d. Equipo luces: se verifica si las luces funcionan de manera correcta, frontales, posteriores, laterales, de trabajo.
- e. Calefacción / aire acondicionado: se verifica si funcionan correctamente.
- f. Monitores indicadores: se verifica si funcionan correctamente.
- g. Asiento / radio: el asiento se ajusta horizontalmente y verticalmente. Se verifica el correcto funcionamiento de la radio en caso de contar con la misma.

h. Procedimiento de seguridad: se recomienda leer el manual del operador, cada máquina es diferente y tiene particularidades.

▪ **Mantenimiento**

a. Niveles de aceite: se verifica que los niveles se encuentren en el rango que corresponde, de ser necesario se agrega.

b. Puntos de engrase: se indican los puntos de engrase.

c. Mantenimiento y cuidado de neumáticos: se verifica la presión de aire correcta según el trabajo a realizar o implemento a utilizar.

d. Baterías: verificación con el operador de la entrega de la batería de la propia marca, se verifica el ajuste necesario a los bornes, y se verifica so se encuentra debidamente asegurada, para evitar deslizamientos.

e. Filtros: revisar si se encuentran debidamente insertados.

2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS DE LA PUESTA EN PRÁCTICA DE LO APRENDIDO DURANTE LOS 5 AÑOS DE ESTUDIO

2.1.1. Reconocimiento de los tipos de tractores:

▪ **Por su uso:** se clasifican en tractores de servicio, para huertos, para surcos, universal, para potreros y jardines, para transporte de troncos y de patinaje lateral. (Alvarado A., 2004, p.14)

- Tractor de orugas o cadenas: su uso actual está restringido a zonas fangosas, en las que un tractor de llantas tiene problemas de tracción y de flotación, es decir, que puede hundirse por la suavidad del suelo. Por ser un tractor menos versátil y tener un costo de operación mayor que el tractor de llantas, es usado para labores muy específicas, como construcción de caminos y limpieza de terrenos para el posterior establecimiento de cultivos (Ver Figura 10). Las orugas pueden estar hechas de metal o de polímeros muy resistentes. (Alvarado A., 2004, p.14)



Figura 10. Tractor T4F (107 CV)
Fuente: New Holland (2020)

- Tractor estándar o de surcos: es un tractor que no posee acople para implementos a los tres puntos (Ver Figura 11), es decir, que solo opera con implementos acoplados a la barra de tiro. (Alvarado A., 2004, p.14)



Figura 11. Tractor Modelo 6100D (99hp)
Fuente: John Deere (2020)

- Tractores de alto despeje: son tractores con llantas altas para ser usados en surcos de cultivos ya establecidos, cuya altura requiera más espacio libre entre el chasis del tractor y su follaje (Ver Figura 12) , tal como la caña de azúcar y el maíz. (Alvarado A., 2004, p.14)



Figura 12. Pulverizadora autopropulsada modelo M4040 (278 hp)
Fuente: John Deere (2020)

- Tractores de servicio: es llamado de servicio porque es de uso general en los fundos, para la limpieza de establos, para el transporte y otras labores generales (Ver Figura 13). Muchos de estos están equipados por una cargadora frontal. (Alvarado A., 2004, p.14)



Figura 13. Cargador frontal modelo 512
Fuente: John Deere (2020)

- Tractores para huerto o de cultivo en hileras: son tractores de baja altura, para permitir labores bajo los árboles, el tubo de escape se encuentra localizado a un lado y en la parte baja del tractor (Ver Figura 14). No cuenta con marco de seguridad en caso de vuelco. Por lo general son unidades de baja potencia. (Alvarado A., 2004, p.14)



Figura 14. Tractor modelo 5076 EF (77hp)

Fuente: John Deere (2020)

- Tractor monocultor o monoeje: es un pequeño tractor con un eje y dos ruedas motrices, operado a mano. Generalmente está equipado con un rotador. Es un tractor muy versátil, pues se le pueden acoplar diversos implementos, tales como segadoras para pasto, aspersoras (fumigadoras), carretas, entre otros. (Alvarado A., 2004, p.14)

- **Por la potencia:** la potencia de un tractor mide su capacidad de realizar un determinado trabajo en relación a una medida de tiempo. Según esta variable, es posible encontrar diferentes tipos de tractores. (FUSTER, 2018)
 - Potencia baja: corresponde a tractores que tengan hasta 40 CV, aproximadamente. Se trata de vehículos preparados para trabajar en terrenos de perfil regular, sin demasiados obstáculos, y para realizar trabajos que no requieran una gran fuerza de arrastre ni un elevado esfuerzo motor. (FUSTER, 2018)

 - Potencia media: puede considerarse un tractor de potencia media a aquel que se sitúe en un rango de entre 40 y 120 CV, aproximadamente. Están preparados para realizar trabajos más exigentes, y son muy apropiados para viñedos, frutales, invernaderos y otros espacios similares. (FUSTER, 2018)

- Potencia alta: los tractores con más de 120 CV son los indicados para realizar trabajos pesados o que se desarrollen en suelos exigentes, ya sea por su composición o por lo abrupto de su perfil. Más allá de los 200 CV, estas máquinas suelen emplearse en actividades específicas que, en ocasiones, sobrepasan el ámbito de lo agrícola. (FUSTER, 2018)
- **Por su tracción:** Dependiendo de hacia cuántos ejes se distribuya la fuerza del motor, un tractor puede contar con diferentes tracciones. (FUSTER, 2018)
 - Simple: es la tracción a dos ruedas, que generalmente son las traseras. El peso que soporta el eje posterior suele ser de un 70 % del total (Ver Figura 15). El eje delantero se reserva para la función directriz. (FUSTER, 2018)



Figura 15. Tractor modelo 5415 (77hp al motor y 67 hp a la toma de fuerza)
Fuente: John Deere (2020)

- Asistida: en estos casos, la tracción se distribuye a ambos ejes y la dirección, a su vez, al delantero. El peso total queda repartido entre un 40 % en la parte anterior y un 60 % en la trasera (Ver Figura 16). Dada esta configuración entre la transmisión y el reparto de peso, el tren delantero asiste al tren trasero en la tracción, lo que permite desarrollar, en la barra de tiro entre el 65 y 68% de la potencia que posee la toma de potencia. (FUSTER, 2018)



Figura 16. Tractor modelo 7210R (210hp)
Fuente: John Deere (2020)

2.1.2. Lubricación en motores de tractores:

- **Las funciones del lubricante**

- Evitar los efectos del Rozamiento o fricción:

La función principal de un lubricante es evitar el rozamiento entre superficies metálicas en movimiento. Al lubricar un motor, sus piezas quedan protegidas por una película de aceite y se deslizan suavemente. (Cáceres F., 2009)

- ✓ Si las piezas están protegidas, se desgastarán menos.
- ✓ Si las superficies en movimiento se deslizan suavemente, hay menor riesgo de sobrecalentamiento.
- ✓ Si el roce disminuye, se necesita menos fuerza para mover las piezas.
- ✓ Si las piezas metálicas están bien lubricadas, hacen menos ruido al deslizarse o chocar entre ellas.
- ✓ Si las superficies están aceitadas, al entrar en movimiento resbalan y no van a chirriar.
- Facilita el arranque en frío, sobretodo en climas fríos donde se requiere que el aceite se mantenga lo suficientemente delgado para fluir por las piezas del motor.

- Enfría las piezas del motor, el aceite es el principal refrigerante de las piezas del motor. Sin la suficiente lubricación, piezas como pistones, cojinetes de bancada, cojinetes de biela y eje de levas podrían fundirse.
- Mantiene el motor limpio, ya que arrastra al cárter partículas de carbón, hollín y otros residuos de la combustión.
- Previene la herrumbre, el aceite distribuido como una película delgada sobre las piezas del motor, aislándolas de la humedad.
- Asegurar el perfecto funcionamiento del sistema de levante hidráulico en los tractores agrícolas.
- Reducir vibraciones, impactos y ruidos.

▪ **Ventajas de la buena selección de un lubricante**

En el caso de los lubricantes de la marca John Deere, permiten cambios de aceite del motor extendidos hasta 500 horas, reduciendo los costos de lubricación en un 25%, y por ende los costos de mantenimiento y reparaciones. Este ha sido formulado específicamente para inhibir la oxidación, depósitos, corrosión y desgaste con un óptimo control del hollín. De esta manera contribuye al cumplimiento de las ventajas de una buena selección de lubricante, como son: (Cáceres F., 2009)

- Facilita el arranque del motor.
- Ahorra combustible.
- Evita la pérdida de potencia durante las labores.
- Reduce el consumo de aceite por kilómetro.
- Todas las piezas del motor se mantienen limpias, trabajan mejor y sufren menos desgaste.
- Prolonga la vida útil del motor.
- Ahorra dinero en el mantenimiento del vehículo.

2.1.3. Sistema hidráulico del tractor

El sistema hidráulico permite que la energía mecánica que produce el motor, pueda ser utilizada en diferentes partes del tractor, sin necesidad del uso de transmisiones de tipo mecánico. La transmisión de la energía se realiza mediante un flujo de aceite especial sometida a presiones altas. (Pérez R., 2018)

Las principales funciones son:

- Levantar y bajar implementos acoplados a los tres puntos del sistema hidráulico de levante del tractor, tales como: arados, rastras, sembradoras, fumigadoras, etc.
- Controlar la posición y la profundidad a que trabajan algunos implementos agrícolas.
- Operar algunos mecanismos por medio de motores hidráulicos.
- Cambiar la velocidad usando potencia hidráulica.
- Se tienen dos tipos de conexiones:

Se tienen dos tipos de conexiones:

- **Conexión de circuito abierto:** la bomba suministra un caudal de aceite hacia el motor (o el actuador lineal) siempre en el mismo sentido, de modo que para invertir el sentido de giro del receptor es preciso disponer de una válvula distribuidora. A la salida del motor el aceite fluye a presión prácticamente nula al depósito. Durante la posición de reposo, en los circuitos con bomba de caudal constante, la circulación de caudal (a presión casi nula) puede ser interrumpida o no; en los circuitos con bomba de caudal variable es frecuente que ésta se sitúe en la posición en que su desplazamiento volumétrico es cero. Las principales ventajas de este tipo de circuitos son dos: su coste de adquisición suele ser reducido, por el número de componentes incorporados, y la refrigeración del aceite es excelente, gracias al depósito, donde se consigue la transferencia de calor necesaria. Los inconvenientes son varios, entre los que se pueden citar: el riesgo de cavitación de la bomba, la limitación del número de vueltas de la bomba y la imposibilidad de frenar el motor si no se incluye un bloque de frenado apropiado. (Pérez R., 2018)

- **Conexión de circuito cerrado:** En este tipo de sistema el fluido, sin presión a la salida del motor, es dirigido a la aspiración de la bomba directamente sin pasar por el depósito. Al constituir bomba y motor, un sistema interconectado sin interrupción, sus funciones son intercambiables: según el sentido de la energía (dirección del fluido a presión) el motor puede comportarse como bomba, y viceversa. Por ello no hace falta elemento de frenado, pues estos dos elementos se intercambiarán energía y se compensarán recíprocamente, según sea la carga exterior. Entre las ventajas más importantes se encuentran el perfecto grado de llenado de la bomba principal, gracias a la ayuda de la bomba auxiliar, la posibilidad de regular las revoluciones del motor, independientemente de la carga; el funcionamiento sin riesgos de cavitación y la excelente protección frente a sobrepresiones y fluctuaciones de presión deseadas. Entre las desventajas se encuentran la refrigeración insuficiente y la durabilidad del aceite es menor y la bomba principal es de desplazamiento variable lo que lo hace un sistema más costoso. (Pérez R., 2018)

Adicionalmente cabe mencionar que, en los trabajos de campo realizados hasta la fecha, ha permitido corroborar la eficacia del uso de sistemas hidráulicos independiente de centro abierto, ya que permite realizar varias operaciones a la vez, para la dirección, elevando los brazos hidráulicos y utilizando las válvulas de control selectivo en caso de tener un implemento acoplado al sistema hidráulico, sin perder sensibilidad de funciones. Garantizando una dirección asistida suave, incluso con cargas pesadas en la parte delantera del tractor. Suministra suficiente potencia para accionar los motores hidráulicos y proporciona una gran fuerza de arranque a la pala cargadora y permite ciclos de trabajo rápidos.

2.1.4. Sistema de embrague

El embrague está compuesto por dos platos: el volante del motor y el plato de presión. Estos platos son paralelos. El primero soporta al segundo, y ambos giran con el motor. El disco de embrague, que está soportado por un eje, acciona la caja de cambios y se encuentra ubicado entre el volante y el plato de presión.

De acuerdo a ello, se tienen embragues de tipo seco y húmedo, siendo los húmedos de mayor uso, porque son de material ceraméticos que brinda resistencia al desgaste, y son bañados en aceite, reduciendo el calentamiento y desgaste, asegurando una larga duración, muy superior a la de cualquier embrague seco. Así mismo, asegura una menor cantidad de horas muertas máquina, debido a que tienen mayor tiempo de vida útil.

Cuando los tractores son conducidos por varios operadores con diferente experiencia, un embrague húmedo es la mejor forma de mantener la integridad y rendimiento de la transmisión, y a la vez se reducen los costos de sustitución del embrague. Sin embargo, los embragues húmedos requieren para su instalación o reposición de mano de obra especializada.

2.1.5. Tipos de labranza

El sistema de labranza convencional consiste en sembrar semillas en un campo previamente preparado con implementos de labranza (escarificadores, arados, gradas, etc.) La sembradora abre una zanja con una profundidad y ancho fijos para cubrir adecuadamente con semillas, y cierra la zanja asegurando también el contacto adecuado entre semilla y suelo

El sistema de labranza mínimo consiste en colocar las semillas en un campo parcialmente labrado (con arado y/o grada), y recoge o coloca bajo la superficie alrededor del 60 al 70 por ciento de los residuos de cultivo.

Con una sembradora de precisión para labranza convencional o mínima, la siembra se realiza cortando una línea en los residuos restantes sobre el campo y colocando las semillas y el fertilizante en la zanja.

En condiciones de labranza mínima, la mayoría del campo descansa cubierto con residuo y protegido contra la erosión. Si llueve mucho, el residuo en el campo absorbe el impacto de la caída del agua. Otro beneficio de este sistema es que la humedad y la temperatura del campo permanecen estables y las semillas están protegidas contra las especies depredadoras. El sistema de labranza mínimo cumple con el calendario agrícola, entre estos otros beneficios: (John Deere, 2018)

- Control de la erosión
- Más almacenamiento de agua en el campo
- Disminución de las fluctuaciones térmicas
- Más actividad biológica
- Más niveles de materia orgánica
- Mejor estructura del suelo

▪ **Beneficios de la siembra con labranza mínima: medio ambiente**

Las prácticas de siembra con labranza mínima son importantes para el beneficio del medio ambiente. Los productores de maíz, soja, alubias, arroz, o trigo adoptan prácticas de siembra con labranza mínima no solo por sus beneficios para el medio ambiente, sino para estos otros: (John Deere, 2018)

- Mejor retención de la humedad, que ayuda a tener mejores resultados en tiempos de sequía.
- No hay erosión, por tanto, no es necesario volver a sembrar, lo cual requiere preparación del campo de nuevo y por tanto consumo de combustible, semillas y fertilizante. Esto suma a los costos de producción y no evitará que un productor tenga un mal resultado debido a la siembra fuera de temporada.
- Aproveche las mejores temporadas para siembra y siembre un área mayor en el mismo espacio de tiempo, especialmente cuando la lluvia es esporádica.
- Reducción de costos - reducción del uso de materiales de hilera, combustible, actividades de preparación del campo, operaciones de cultivo, tiempo, etc.
- Gran eficiencia de operación o más hectáreas sembradas por día - reducción del solapamiento, reducciones de la duplicación y omisiones, aumento de la velocidad de siembra.
- Mejor gestión de la producción - administración adecuada de los consumibles y conocimiento de lo que se cosecha por área.

2.1.6. Calidad de siembra

La calidad de la siembra es uno de los principales factores que puede determinar el resultado final del cultivo. Tener la mejor cosechadora o el mejor pulverizador no es suficiente; también es importante tener la mejor sembradora. La siembra es el paso más importante y debe realizarse con la mejor calidad y la mejor tecnología. Esto se demuestra en el siguiente ejemplo: (John Deere, 2018)

- Los costos de la operación de siembra suponen el 61 por ciento del costo de producción total. (Ver Tabla 3)
- Durante la siembra, se invierte alrededor del 73 por ciento del costo total.

Tabla 3. Costos de producción ejemplo John Deere

	Preparación del suelo	Siembra	Aplicación agroquímica	Cosecha
Costos de producción (\$/Ha)	34,26	382,70 (61% del costo total)	157,64	54,11
Costos operativos	18,88	55,71 (31% de los costos operativos)	53,34	54,11
Costos totales	15,38	326,99 (73% de los costos totales)	104,10	-

* Los costos mostrados en la tabla anterior pueden variar dependiendo del cultivo, el año, la región, etc.

Fuente: John Deere, 2020

Si se cumplen todos los requisitos de distribución del espaciado de siembra, las plantas crecen y se desarrollan de forma uniforme sin tener la necesidad de competir por la luz del sol, el agua y los nutrientes. De esta forma es más probable tener un cultivo con los máximos resultados.

▪ Distribución del espaciado de semillas

Durante la siembra, aparte de la proporción de semillas, es necesario garantizar la profundidad adecuada, con un buen contacto entre el suelo y la semilla y una buena distribución de las hileras. Incluso si se consiguen las semillas por metro deseadas, si la distribución no es uniforme, el potencial de resultados puede verse

comprometido. Un cultivo mal sembrado no se puede recuperar. Algunos ejemplos de mala siembra se muestran en la Figura 17. (John Deere, 2018)

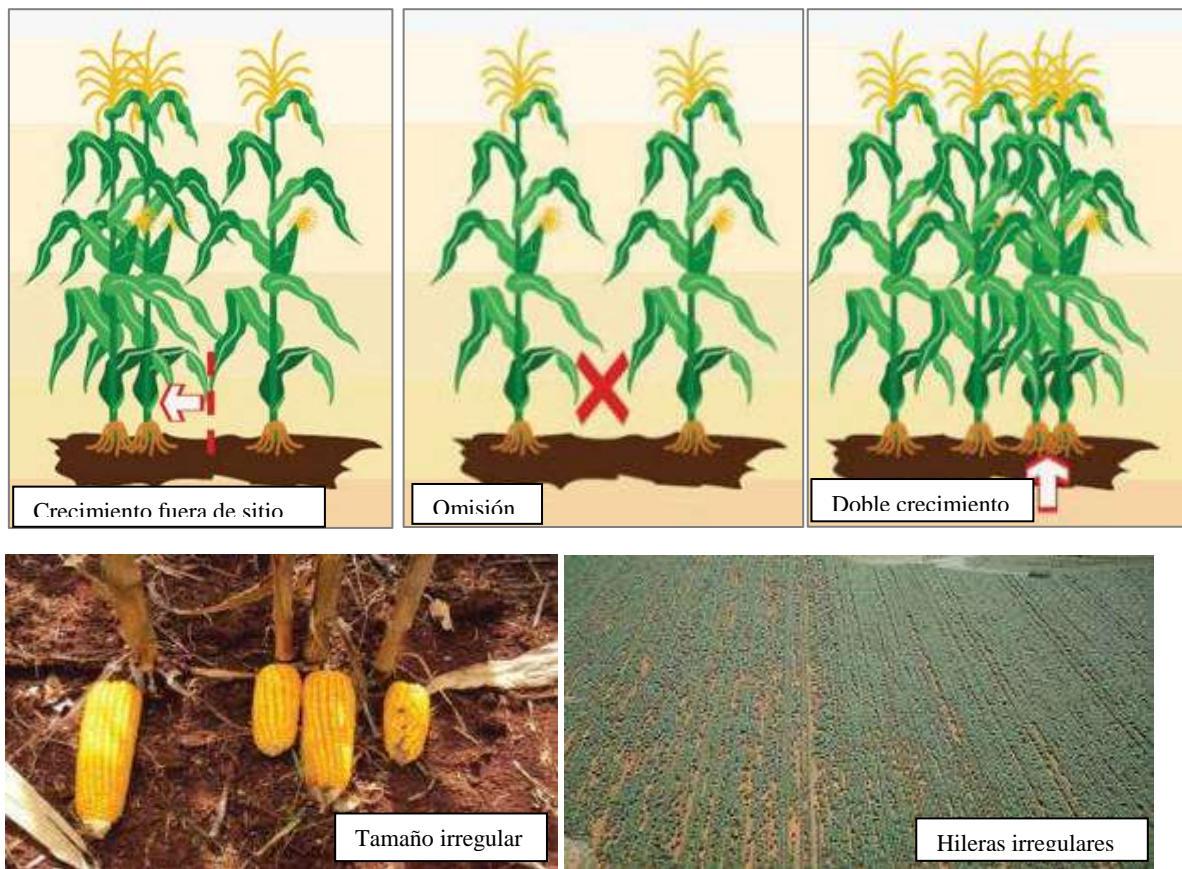


Figura 17. Diversas formas de crecimiento del maíz por problemas de siembra
Fuente: John Deere (2018)

- **Coefficiente de variación (COV)**

Es posible medir cuán uniforme es la colocación de semillas en la hilera con el porcentaje de omisiones y duplicación. Sin embargo, no podemos calcular el número de semillas mal colocadas durante el proceso de siembra. Debido a esto, un mejor método para calcular cuán uniforme es la siembra es: El coeficiente de variación, y en la Figura 18 se presenta el esquema del cálculo. (John Deere, 2018)

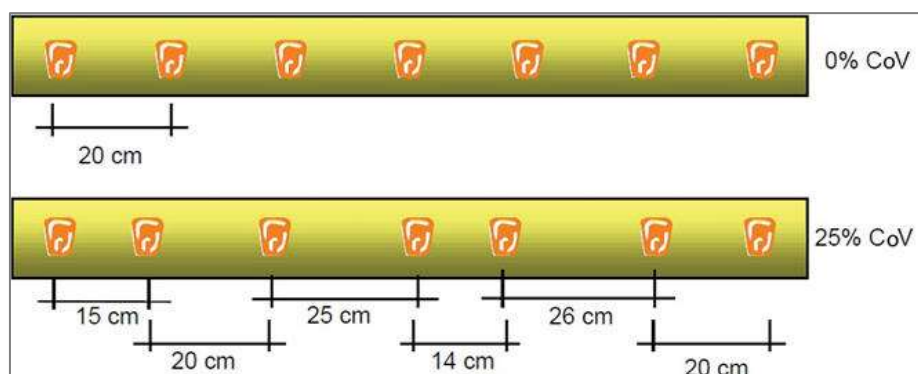


Figura 18. Esquema para el cálculo del coeficiente de variación
Fuente: John Deere (2018)

Según los estudios realizados por la empresa Pioneer®, un 25 por ciento de CoV es aceptable

Por cada 10 por ciento de CoV, se pierden 1,5 bolsas/ha

Cuanto más alto es el CoV, más varía la distancia entre las plantas

Cuanto más bajo sea el CoV, mejor será el resultado

Ejemplo: por cada 10 por ciento de CoV, será una reducción de 1,5 bolsas/ha x 250\$ USD (maíz) = 375\$ USD. Tomando 2000 ha como base.

Tabla 4: Ejemplo de Coeficiente de Variación

CoV	Datos	Pérdidas de producción en USD
25%	Sin pérdidas en el resultado debido a la baja calidad de siembra	
35%	375 \$USD x 2000 ha maíz/año	750.000 \$USD
45%	750 \$USD x 2000 ha maíz/año	1.500.000 \$USD

Fuente: John Deere (2018)

* Los valores pueden usarse para los cálculos. Los resultados pueden variar debido a diferentes factores.

Para mantener el potencial de resultados, el propietario de la sembradora no debe descuidar el mantenimiento de la sembradora. Los ajustes apropiados y el funcionamiento adecuado deben comprobarse. Por ejemplo: La supervisión de la calidad de la siembra. Saber lo que pasa en tiempo real es un factor clave para el éxito de esta operación.

- **Productividad operativa**

Para una buena calidad de siembra, la sembradora debe:

- Colocar la semilla en la parte inferior de la zanja, a una profundidad constante
- Distribuir las semillas una a una, a una distancia constante, sin omisiones
- Favorecer un buen contacto entre la semilla y el suelo para una mejor germinación
- Colocar la cantidad correcta de fertilizante a la profundidad deseada

2.1.7. Pruebas de campo

Al realizar demostraciones o entregas técnicas, que permitan medir en campo la velocidad de trabajo de distintos implementos, verificando los valores de fricción, patinamiento y de ser necesario corregir lastrado de neumáticos o pesas incluidas.

Para las pruebas de patinamiento y consumo de combustible, es necesario verificar las vueltas del neumático en avance sin carga y luego con carga, utilizando los mismos RPM del motor luego se relacionan y las indicamos en porcentaje. (John Deere, 2018)

$$\% \text{ Patinamiento} = \frac{(\# \text{vueltas con carga} - \# \text{vueltas sin carga})}{(\# \text{vueltas con carga})} * 100$$

Para ello se requiere:

- Ubicar el tractor en la cabecera con disponibilidad de avanzar 50 metros lineales,
- Se marca con estacas o yeso el punto de inicio y final,

- Se hace una marca con tiza u otro en el neumático posterior que coincida con el punto de inicio y se contabiliza el número de vueltas sin carga hasta pasar la marca a 50 metros,
- Luego el tractor retorna al punto inicial, esta operación se realiza de preferencia 3 veces,
- En el punto inicial el tractor, se contabiliza el volumen de combustible utilizado, para ello se recarga combustible con una jarra de medida, verificando el consumo sin carga,
- Finalmente, se acopla la carga y se repite la operación anotando el # de vueltas y consumo de combustible con carga.

La relación entre el patinaje y la eficiencia de tracción es una relación compleja, sin embargo, hasta cierto punto el patinaje es una ventaja ya que puede incrementar la eficiencia del tractor. (Cáceres F., 2009)

Para cada condición de suelo hay un rango óptimo de patinaje que otorga la más alta tracción; a modo de ejemplo indicaremos los valores usados en la Argentina, y son los siguientes: (Cáceres F., 2009)

- Sobre suelo duro : entre 5 y 7 %
- Sobre rastrojo : entre 5 y 12 %
- Sobre suelo movido : entre 10 y 15 %
- Sobre suelo arenoso : entre 10 y 20 %

2.1.8. Verificación del correcto lastrado

Con la verificación del correcto índice de patinamiento. (John Deere, 2018)

Los lastrados pueden ser:

- Líquido; agua en los neumáticos que no deben superar el 50% pero que en la mayoría de casos llega al 75%.
- Sólido; cuerpos sólidos de metal ubicados en la parte delantera, posterior o en el medio del tractor.
- Dinámico; dependiendo de la barra de tiro alargando o acortando la misma, es que el implemento transfiere mayor carga al tractor.

El porcentaje adecuado varía por muchas variantes, por ejemplo:

- Textura del suelo y pendiente.
- El tipo de implemento si se utiliza suspendido, semisuspendido o de arrastre.
- La velocidad de avance.
- Y si es de tracción simple o doble

La manera que se ha encontrado más práctica es observar la huella que deja el tractor y observar estas tres opciones:

- Las marcas son poco definidas, entonces el patinaje es excesivo y es necesario aumentar el lastrado.
- Las marcas son muy bien definidas por lo que es necesario reducir el lastrado, ya sea placas delanteras o contrapesos.
- Las marcas que deja la huella son definidas en los extremos y en el medio rastros de deslizamiento. Es un lastrado idóneo para las condiciones.

II. INTRODUCCIÓN

En el Perú las tierras empleadas en el pastoreo y en la producción de forrajes representan prácticamente el 80% de todas las tierras agrícolas (FAO, 2009). Debido al mayor desarrollo técnico en los sectores de la producción lechera y de la carne de vacuno, la provisión de forraje de calidad es un factor importante para lograr un alto rendimiento. (Mendes et al., 2015). El cultivo del maíz se ha adaptado a variedad de ambientes, se destaca como planta forrajera por su alto rendimiento en materia seca, condiciones de crecimiento fáciles y alto contenido energético (Mendes et al., 2015).

Así mismo, conocer los costos de producción es una herramienta indispensable para la toma de decisiones del agricultor, en la elección del cultivo y la tecnología a utilizar, debido a que permite presupuestar y estimar el capital, así como conocer el retorno y las utilidades.

En la actualidad se observa con frecuencia, en los campos agrícolas de producción extensiva de maíz forrajero, la no uniformidad en la distribución de plantas de maíz manejados en siembra directa. Las deficiencias en el funcionamiento de las sembradoras utilizadas sobre la distribución de las semillas en el suelo, debido a las velocidades excesivas de siembra, que provocan una mala distribución de las plantas, variabilidad de las profundidades de siembra, contacto irregular de la semilla con el suelo, fractura de la semillas a causa del gatillo, aumento del solapamiento, incremento de la duplicación y omisiones de plantas, y con esto la competencia por los nutrientes, el detrimento de rendimiento esperado; así mismo se incrementa la mano de obra para realizar las labores de resiembra.; afectando el rendimiento del cultivo y el aumento de los costos de producción.

Sin embargo, en los últimos años la tecnología nos ha brindado las sembradoras monograno neumáticas, que nos proporcionan mayor cuidado para tratar a la semilla y depositarla en el surco con mínimo riesgo de daño, mayor precisión para el distanciamiento

entre semillas y profundidad de siembra uniforme. Cabe mencionar que, tener la mejor máquina no garantiza la eficiencia de siembra del cultivo, ya que se requiere la destreza por parte del operador, es decir cumplir con la velocidad óptima de trabajo, garantizar la profundidad y homogeneidad de siembra, y una buena distribución de las hileras.

Todos estos esfuerzos de los diseñadores y fabricantes son destinados para reducir costos, es por esto que procurar una siembra eficiente en el menor tiempo posible, repercute en menores costos de producción, es decir: reducción de horas hombre, menor consumo de combustible, disminución de actividades de preparación del campo y operaciones de cultivo, evita el uso de máquinas complementarias y por ende reduce la compactación de los suelos, finalmente disminuye el tiempo de siembra efectiva.

En mi experiencia entre los años 2013 al 2015 en la empresa IPESA S.A.C., y del 2016 al 2017 en ZAPLER S.A.C., se verificó en campo que los usos de las sembradoras mecánicas generaban pérdidas en el cultivo y un alto costo operativo en las actividades ya mencionadas. Por lo tanto, se impulsó el uso de sembradoras neumáticas monograno lo cual requiere 1000 rpm en la toma fuerza y el uso de tractores versátiles de gama media porque cuentan con mayor caudal hidráulico permitiendo un mejor accionamiento de los mecanismos hidráulicos de la sembradora; resultando conveniente la sinergia del tractor de tracción asistida modelo 6110D (106 hp) y la sembradora neumática modelo 1030 (monograno), ambos de la marca de John Deere.

En este contexto el presente trabajo de suficiencia académica, tiene como finalidad la evaluación del efecto de la velocidad de la siembra del maíz forrajero, para definir el impacto de ésta sobre el rendimiento del cultivo, y por ende la diferenciación de los costos de producción.

III. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la velocidad de siembra de maíz forrajero con sembradora neumática John Deere modelo 1030 de 4 cuerpos accionada por tractor marca John Deere de doble tracción modelo 6110D de 106 HP.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Operacionalizar las pruebas de siembra considerando la variación de velocidades en 3 km/h, 6 km/h y 9 km/h.
- Comparar los costos de producción considerados para cada una de las velocidades evaluadas (3 km/h, 6 km/h y 9 km/h).
- Identificar la velocidad óptima de trabajo para la siembra mecanizada de Maíz Forrajero en el Fundo Manrique.

IV. DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1.1. Ubicación y accesibilidad

4.1.1.1. Ubicación política

El proyecto se ubica en el Fundo Manrique, en el anexo Sotillo, en el distrito de Vítor, ubicado políticamente como se detalla en la Tabla 5 y la Figura 19:

Tabla 5. Ubicación política del proyecto

Descripción	Nombre
Región	Arequipa
Provincia	Arequipa
Distrito	Vítor
Centro poblado	Sotillo

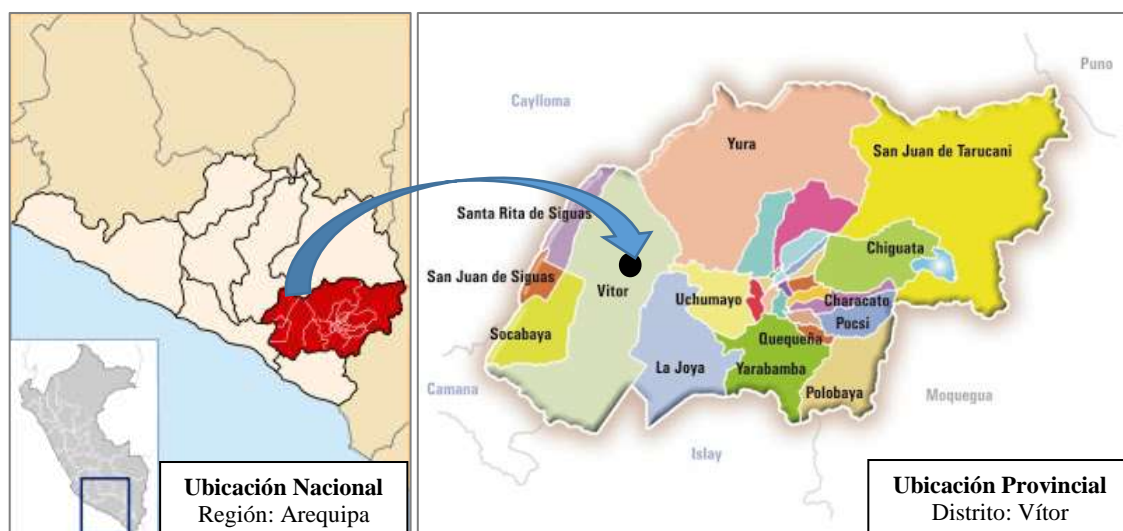


Figura 19. Ubicación política del proyecto
Fuente: SEACE (2006)

Cabe mencionar que, el distrito de Vitor está conformado por 20 anexos como son: Pueblo Viejo, Barrio Nuevo, Sotillo, San Luis, 9 de febrero, Pie de La Cuesta, Socabón, La Caleta, Pueblo Nuevo, Las Palmeras, Virgen de Chapi, El Mirador, 28 de Julio, Taca, Morante, San José, Desamparados, Tacar, La Pampilla, Huachipa, La Trabada, El Quemado, La Cosío, Boyadero, Yuramayo, Moccooro, y Palca. (Municipalidad distrital de Vitor, 2013)



Figura 20. Vista satelital del distrito de Vitor
Fuente: Municipalidad Distrital de Vitor (2013)

4.1.1.2. Ubicación geográfica

Geográficamente el proyecto se encuentra ubicado en el Sur del Perú, entre las siguientes coordenadas como se presenta en la Tabla 6 y en la Figura 21:

Tabla 6. Ubicación geográfica del área de evaluación del proyecto

Vértices	Coordenadas UTM Zona 19		Cota (m.s.n.m.)
	Este (m)	Norte (m)	
A	188618.20	8177536.38	1169.00
B	188668.30	8177501.07	
C	188657.48	8177326.48	
D	188594.84	8177336.96	

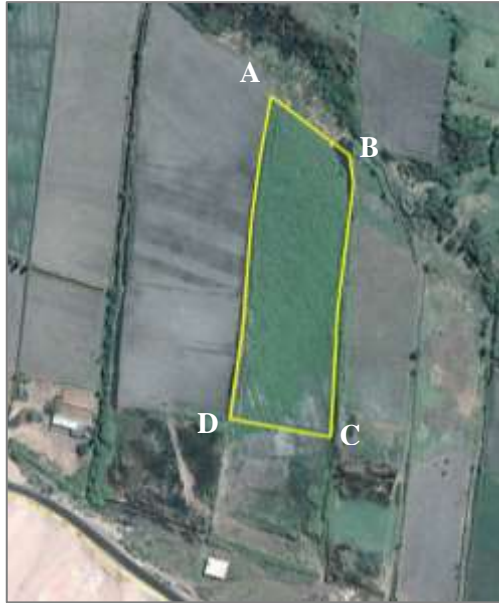


Figura 21. Ubicación geográfica del proyecto
Fuente: SEACE (2006)

4.1.1.3. Ubicación hidrográfica

Hidrográficamente el área de estudio se encuentra ubicada en la cuenca Quilca – Vítor - Chili, hacia la margen izquierda del río Vítor, cuyas aguas discurren hacia la vertiente del Pacífico. Así mismo, se encuentra en el ámbito de la Autoridad Administrativa del Agua Caplina – Ocoña y de la Autoridad Local del Agua Chili.

4.1.1.4. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Lima vía terrestre, se realiza a través de la Panamericana Sur, con un viaje de 14 horas aproximadamente, como se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7. Accesos a la zona de estudio

Tramo	Longitud (km)	Tiempo (Hrs)	Tipo de vía
Lima – Vítor Arequipa	949	14hr 7 min	Carretera asfaltada (Panamericana Sur)
Lima - Arequipa	768	1hr 35min	Aéreo

4.1.2. Población

La población del distrito de Vitor asciende a 2,859 habitantes (estimado año 2013) con una tasa de crecimiento poblacional inter censal de 1.00%, esta información es según el Censo 2007 proyectado (Ver Tabla 8); pero según verificación de datos de campo se ha determinado la existencia de nuevos centros poblados que vienen incrementando su habitabilidad y por ende incrementan los números de lotes y viviendas en el distrito así tenemos estimado un total adicional de población al año 2013 de 2,035 personas. (Municipalidad distrital de Vitor, 2013)

Tabla 8. Población actualizada al 2013 en el distrito de Vitor

Descripción	Cantidad
Población proyectada del censo 2007	2,859
Población estimada de nuevo poblados	2,035

Fuente: Municipalidad distrital de Vitor, 2013

Se tiene registrado un mayor asentamiento de la habitabilidad en el entorno rural; su población económicamente activa (PEA) de 15 años a más entre hombres y mujeres es de 2,248 habitantes que tienen como principales actividades económicas las agropecuarias, comercio y transporte entre otras, que generan una mayor ocupación laboral, estimándose un ingreso familiar mensual de S/.397 nuevos soles (según estimación de campo). (Municipalidad distrital de Vitor, 2013)

4.1.3. Caracterización climática

El clima del medio es cálido, con 18.3 °C de temperatura ambiental media anual, que varía de 20.3 °C (febrero) a 16.6°C (julio y agosto). Las precipitaciones son poco significativas con valores inferiores a 20 mm anuales. La precipitación promedio mensual es de 1.67 mm. La humedad relativa ambiental media anual es 62%, los valores máximos se presentan en verano y los mínimos en invierno. La velocidad promedio anual del viento es de 3.4 m/s, registrándose en verano velocidades más altas. La insolación promedio anual es de 3 309 horas de sol y el promedio diario de aproximadamente 9 horas. La evaporación promedio anual es 2 640 mm. La evaporación media diaria es 7.2.

El área de riego por sus características climáticas a lo largo del año, brinda condiciones extraordinarias para el desarrollo de una gran variedad de cultivos en cualquier época del año. (Ministerio de Agricultura, 1994)

4.1.4. Hidrología

El ámbito de estudio se encuentra emplazado en la cuenca del río Quilca – Chili, perteneciente a la vertiente del pacífico. El río Chili nace de la confluencia de los ríos Sigwas y Vítor, y a su vez el río Vítor se forma de la confluencia de los ríos Yura por su margen derecha y Chili por la margen izquierda, este último atraviesa la ciudad de Arequipa desde Chilina hasta el distrito de Tiabaya y Uchumayo, respectivamente.

El río Chili a su paso por Vítor, Sotillo ya con el nombre de Vítor recibe las aguas de retorno de la irrigación La Cano y filtraciones del agua del canal matriz de La Joya, por confluencia del río Sigwas en unión con el río Vítor, toma el nombre de río Quilca y así desemboca en su Delta al Océano Pacífico.

4.1.5. Geomorfología

El valle de Vítor se halla dentro de la unidad geomorfológica de la Planicie Costanera. La evolución geomorfológica del valle es consecuencia principalmente de la actividad pluvi-fluvial que ha originado etapas de erosión y sedimentación. La evolución de las vertientes en su fase inicial son producto de la socavación del río Vítor; asimismo, la intensidad de la erosión fluvial está relacionada a la naturaleza de la roca y grado de intemperismo en cada unidad geológica. El río Vítor se comporta como el principal colector del valle, canalizando todas las escorrentías, así como las filtraciones de ambos márgenes que convergen en el río. (Ministerio de Agricultura, 1994)

4.1.6. Estratigrafía

Las formaciones del Valle de Vitor pertenecen al Terciario, y depósitos Cuaternarios del pleistoceno y recientes. El conglomerado aluvial Pleistocénico se halla distribuido en la parte alta del valle, cubriendo las pampas de las irrigaciones La Joya, La Cano, San Isidro y

Yuramayo; está conformado por cantos rodados y guijarros originados de rocas intrusivas, cuarcitas y volcánicos que se encuentran englobados en una matriz arenosa débilmente cementada por sales por lo que su compacidad es baja. Los depósitos cuaternarios recientes se encuentran distribuidos en el fondo del valle, constituidos por depósitos aluviales, fluviales, coluviales y eólicos, los cuales han dado origen a los suelos constituidos por arena arcillosa con gravas, guijarros y pequeños cantos. Los depósitos eólicos no alcanzan mayor desarrollo y están constituidos por arenas finas uniformes. (Ministerio de Agricultura, 1994)

4.1.7. Fisiografía

El valle de Vítor se desarrolla en un paisaje fluvial que comprende suelos originados por los depósitos fluviales del río Vítor, así como por aluviones bajados de las partes altas de la zona. El valle de Vítor se origina por la confluencia de los ríos Yura y Chili; en su parte más baja el valle se une al valle del río Sigwas, igualmente encajonado. Dentro de este sub - paisaje, se ha reconocido las siguientes unidades: abanicos y conos de deyección, terrazas inundables y no inundables, cauces y talud de derrubio. (Ministerio de Agricultura, 1994)

4.1.8. Uso de suelos

Los suelos son de origen fluvial y aluvial, conformados por arena, grava, piedra y finos transportados por las aguas del río y depositados por capas en diferentes lugares del valle Vitor. Acorde a los reportes de ONERN (1974), las texturas de los suelos varían de Franco Arenoso a Arenoso, de moderadamente profundos a profundos; de relieve plano a ligeramente ondulados con pendientes variables de 2% a 3%. (Ministerio de Agricultura, 1994)

El Distrito de Vitor está situado en la provincia de Arequipa en el departamento de Arequipa, su ámbito territorial comprende una extensión de 1,543.5 Km², este territorio actualmente presenta una cobertura de suelos que se distribuye en: (1) Lo Agrícola; Conformado por el valle en donde desarrolla actividades agrícolas y pecuarias de pequeña escala. Tiene una extensión de 65% del territorio distrital. (2) Lo Urbano; Conformado por los asentamientos poblacionales urbanos y rurales de diversa escala. Tiene una extensión de 10% del territorio distrital. Y (3) Lo Natural; Conformado por las pampas eriazas, las quebradas secas y las

formaciones arbóreas naturales. Tiene una extensión de 25% del territorio distrital. (Municipalidad distrital de Vitor, 2013)

Cabe indicar que el Valle Vitor, desde tiempo coloniales hasta 1960, la base principal de la agricultura fue el cultivo vid, pero debido a la alteración de la calidad de las aguas superficiales surgieron problemas ambientales y de comercialización motivo por el cual fue reemplazado por forrajes y otros cultivos como alfalfa, maíz amiláceo, cebolla, papa y espárrago. (Ministerio de Agricultura, 1994)

4.2. CONTRIBUYE EN LA SOLUCIÓN DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS QUE SE HAYAN PRESENTADO DURANTE SU ESTANCIA EN LA EMPRESA

Una situación que generó serios inconvenientes fue determinar la velocidad óptima de trabajo para la siembra mecanizada de maíz forrajero con sembradora neumática accionada de 4 cuerpos por tractor, en un terreno de 1.13 ha del Fundo Manrique, ubicado en el distrito de Vítor, provincia de Arequipa y Departamento de Arequipa.

Para ello se ha seleccionado 3 valores de velocidad de siembra, relacionados a los valores empíricos utilizados en el ámbito de estudio, que son entre 3 a 9 km/h con el uso de sembradoras mecánicas.

El propósito de la variación de la velocidad en esta prueba, era obtener un valor óptimo para la velocidad de siembra de maíz forrajero en el Fundo Manrique, valor que brinde mayor producción con reducción de costos.

Cabe indicar que, los cálculos y metodologías han sido tomados del curso de administración de maquinaria dictado por el Ing. Víctor Rodríguez Flores, en el año 2009, en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

A continuación, se detalla las pruebas en campo realizadas:

4.2.1. Ejecutar las pruebas de siembra considerando la variación de velocidades en 3 km/h, 6 km/h y 9 km/h

La prueba se realizó en una parcela de 60m x 188m, se dividió el campo en tres áreas de 20m de ancho, cada una para realizar 7 pasadas de sembradora de 4 cuerpos, teniendo un espaciamiento entre surcos de 70cm y espaciamiento de 10cm entre semillas, para cada velocidad de prueba.

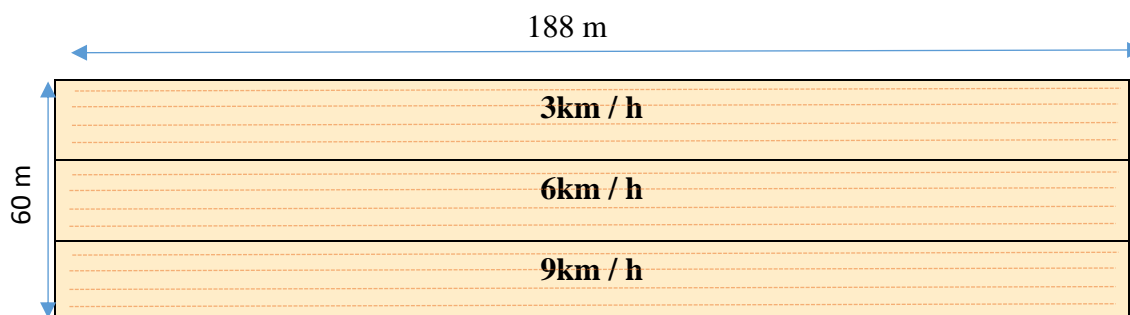


Figura 22: Esquematación de la parcela en estudio

4.2.1.1. Consideraciones para los ensayos

Para llevar a cabo la prueba se consideró que la velocidad óptima de siembra, influye en la uniformidad de distribución de semillas, en el distanciamiento y la profundidad de siembra. El distanciamiento debía guardar uniformidad ya que uno de los factores que afectan el rendimiento productivo de la planta es el acercamiento, por la competencia de nutrientes y luz; por otro lado, la profundidad de siembra utilizada en la zona es de 15cm.

A continuación, se detalla las actividades realizadas en campo para la ejecución de la prueba:

4.2.1.2. Determinación del número de semillas

En campo, la primera acción con el tractor detenido e implemento acoplado y elevado, fue determinar la cantidad de semillas por metro lineal teórico. Para ello se calculó el metro lineal de la rueda motora utilizando la fórmula $\pi \times D \times 10$, y luego para conocer la cantidad de semillas depositadas por metro lineal, se giró 10 vueltas completas la rueda sembradora.

La rueda tiene 0.65m de diámetro, por lo tanto, en 10 vueltas se calculó 20.42m de la rueda sembradora.

Tabla 9. Número de semillas promedio en 10 vueltas de la rueda sembradora

Pruebas	Numero de semillas promedio en 10 vueltas
Prueba 1	200
Prueba 2	198
Prueba 3	202
Promedio de semillas	207.33

4.2.1.3. Verificación de calibración de sembradora

Luego se verifica que la calibración de la sembradora es la correcta, determinando el número de semillas por metro lineal, con la información anterior, como se detalla a continuación:

$$N^{\circ} \text{ de semillas en un metro} = \text{promedio de semillas} / \text{metros lineales}$$

$$N^{\circ} \text{ de semillas en un metro} = 207.33 / 20.42$$

$$N^{\circ} \text{ de semillas en un metro} = 10.15$$

Obteniendo un valor de 10.15 semillas por metro lineal, verificando que la calibración coincide con la cantidad de semillas requeridas en un metro.

4.2.1.4. Número de semillas por metro lineal

Obtención del número de semillas por metro lineal para cada una de las velocidades de estudio, se detalla en la Tabla 10.

Tabla 10. Número de semillas por metro lineal

Velocidad	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio	Semillas por metro lineal
3 km/h	202	201	202	201.67	9.84
6 km/h	200	201	200	200.33	9.81
9 km/h	145	152	149	148.66	7.28

Con el número de semillas obtenida para cada una de las velocidades, se ha verificado que a mayor velocidad menor cantidad de semillas en un metro lineal, ya que se observó en campo, que las semillas habían rebotado del surco o no se habían depositado las semillas, porque éstas habían no sido habían sido atrapadas por el disco sembrador, presuntamente por exceso de velocidad. Sin embargo, los resultados de las pruebas de 3km/h y 6km/h, no se observa una diferencia significativa en la cantidad de semillas por metro lineal, por lo que se podría inferir que la velocidad óptima se encuentra entre dichos valores, lo cual se definirá en el análisis económico.

4.2.1.5. Estimación del daño mecánico

Para medir el daño mecánico a causa de la sembradora de 4 cuerpos y operación de siembra, se recolectó las semillas del surco, y se obtuvieron los resultados:

Tabla 11. Numero de semillas rotas por sembradora a diferentes velocidades

Muestra de 200 semillas por c/prueba	Numero de semillas dañadas	Porcentaje (%)
3 km / h	3	1.5
6 km / h	3	1.5
9 km / h	8	4.0
Promedio	4.67	2.33

Se obtiene que, al aumentar la velocidad de la prueba, aumenta el daño mecánico en las semillas, es decir que las semillas se fracturan o quiebran, anulando la germinación de éstas. Por lo tanto, se verifica que la operación de siembra con velocidades entre 3km/h y 6km/h obtienen menos semillas con daño.

4.2.1.6. Estimación del porcentaje de patinamiento del tractor

La evaluación se realizó girando 10 vueltas los neumáticos del tractor, tres veces para cada velocidad, haciendo un total de 9 pruebas.

La determinación del porcentaje de patinamiento del tractor se determinó aplicando la siguiente fórmula (Cáceres, F., 2005):

$$S = \frac{N_c - N_v}{N_v} \times 100$$

Donde:

S : Porcentaje de patinamiento

N_c : Número de vueltas de la rueda del tractor con implemento (cargado)

N_v : Numero de vueltas de la rueda del tractor sin implemento (vacío)

Datos obtenidos en campo:

Prueba en velocidad 3km/h:

$$N_c \text{ promedio} = 10.74$$

$$N_v = 10.0$$

Prueba en velocidad 6km/h:

$$N_c \text{ promedio} = 10.93$$

$$N_v = 10.0$$

Prueba en velocidad 9km/h:

$$N_c \text{ promedio} = 11.56$$

$$N_v = 10.0$$

En la Tabla 12 se presentan los resultados del porcentaje de patinamiento para cada una de las pruebas.

Tabla 12. Porcentaje de patinamiento con implemento sin carga

Velocidades	Porcentaje de patinamiento con implemento descargado (%)
3 km / h	7.38
6 km / h	9.26
9 km / h	15.62

De acuerdo a los resultados obtenidos, se verifica que conforme aumenta la velocidad del tractor, el porcentaje de patinamiento se incrementa, lo cual significa que disminuye la eficiencia de tracción. Los valores obtenidos de las pruebas con velocidades de 6 km/h y 9km/h, pertenecen al rango de valores para suelos removidos con porcentaje patinamiento entre 10% y 15%, de acuerdo a la clasificación referencial de suelos con respecto al porcentaje de patinaje en Argentina (Cáceres F., 2005).

4.2.1.7. Evaluación de la germinación

La sembradora se calibró para dejar 1 semilla cada 10cm, por lo tanto, se realizó la prueba en campo a las velocidades evaluadas en 5 metros de longitud de siembra.

Cabe mencionar que, en campo se observó que conforme la velocidad aumentaba se perdía uniformidad en el distanciamiento, generando espacios de no siembra, y

la semilla no era depositada según la calibración realizada, porque ésta rebotaba fuera del surco o no era aspirada por el disco de distribución de la sembradora.

En la Tabla 13 se presenta los resultados del porcentaje de germinación para el tramo evaluado, con la verificación en campo.

Tabla 13. Porcentaje de germinación de semillas

Velocidades en km/hora	Número de plantas germinadas en cada cuerpo de siembra				Promedio	Germinación (%)
	Cuerpo 1	Cuerpo 2	Cuerpo 3	Cuerpo 4		
	3	49	48	48		
6	46	48	47	48	47.25	94.50
9	33	34	39	38	36.00	72.00

Con los valores obtenidos se verifica que la siembra de 3km/h y 6km/h, cuenta con mayor porcentaje de germinación, a diferencia de la siembra a 9km/h, verificando la relación inversamente proporcional entre la velocidad y el porcentaje de germinación.

4.2.1.8. Evaluación de la uniformidad de siembra

- **Promedio de distancia entre semillas**

Se realizó la evaluación del distanciamiento entre semillas a diferentes velocidades. La muestra se realizó con 120 semillas para cada velocidad, distribuidas en los cuatro cuerpos de la sembradora, y en 3m de longitud de surco. (Ver Tabla 14)

Tabla 14. Mediciones del distanciamiento entre semillas

Velocidades en km/hora	Distanciamiento promedio entre semillas				Promedio (cm)
	Cuerpo 1	Cuerpo 2	Cuerpo 3	Cuerpo 4	
3	9.6	9.8	9.7	10.1	9.8
6	9.9	10.2	10.4	10.1	10.2
9	13.8	14.2	15.1	15.4	14.6

Se observó en campo que, tanto en la densidad y en la distribución de las semillas sembradas a velocidades de 3km/h y 6km/h, se encuentran dentro del rango de calibración; sin embargo, a 9km/h, la distribución y densidad no cumplió con la distancia de siembra.

▪ **Desviación estándar**

Así mismo, se determinó la desviación estándar (σ), con la finalidad de medir la variación de los datos, de esta manera, los valores de distanciamiento medidos que resulten cercanos al valor promedio, producirán una desviación estándar pequeña, por el contrario, los valores muy dispersos, producirán una desviación muy grande. (Ver Tabla 15)

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{\sum(x_i - x)^2}{N - 1}\right)}$$

Donde:

- σ : Desviación estándar
- x_i : Distancia entre plantas
- x : Distancia media
- N : Número total de mediciones

Tabla 15. Valores de desviación estándar del distanciamiento entre semillas

Velocidades en km/hora	Desviación estándar promedio				σ Promedio
	Cuerpo 1	Cuerpo 2	Cuerpo 3	Cuerpo 4	
3	1.90	2.03	2.04	2.10	2.01
6	2.58	2.42	2.45	2.62	2.53
9	5.04	5.06	5.03	5.01	5.04

Los resultados de desviación estándar del distanciamiento entre semillas para los ensayos a 3 km/h y 6km/h, indican menor dispersión de los valores de distanciamiento entre semillas, y por ende mayor homogeneidad en la siembra. Por lo tanto, se puede inferir que se obtendrán mejores resultados de producción y menores costos añadidos, trabajando con éstas velocidades.

- **Coefficiente de variación**

Así mismo, se calculó el coeficiente de variación para verificar la uniformidad de la siembra, considerando la siguiente fórmula: (Ver Tabla 16)

$$CV(\%) = \frac{\sigma \times 100}{x}$$

Donde:

CV : Coeficiente de variación

σ : Desviación estándar

x : Distancia media en m

Tabla 16. Valores de coeficiente de variación

Velocidades en km/hora	Coeficiente de variación promedio				CV Promedio
	Cuerpo 1	Cuerpo 2	Cuerpo 3	Cuerpo 4	
3	19.79	20.71	21.03	20.79	20.51
6	26.06	23.73	23.56	25.94	24.80
9	36.52	35.63	33.31	32.53	34.52

De acuerdo a los resultados, se obtiene el coeficiente de variación menor para el ensayo a velocidad de 3km/h, indicando un mejor distanciamiento en la separación entre semillas teórica.

4.2.1.9. Capacidad de trabajo

Se calculará la capacidad de trabajo para tres velocidades, con la finalidad de estimar el área de trabajo por unidad de tiempo.

Para realizar los cálculos se utiliza la siguiente fórmula:

$$C_{er} = \left(A * \frac{V}{10} \right) * \left(\frac{A - S}{10} \right) * \left(\frac{60 - \sum T}{60} \right)$$

Donde:

C_{er} : Capacidad real de trabajo (ha/hora)

A : Ancho de trabajo (metros)

V : velocidad de trabajo (km/h)

S : Superposición del trabajo (metros)

$\sum T$: Sumatoria de tiempos perdidos por hora de trabajo (minutos)

▪ Capacidad de trabajo para velocidad de 3 km/h

Cálculo de la velocidad de trabajo:

$$V = 3 \frac{km}{h} * (100 - 7.38)\%$$

$$V = 2.7786 \frac{km}{h}$$

Se obtuvo la velocidad real de trabajo, que considera el patinamiento, para luego determinar la pérdida de recorrido en una hora:

$$\text{Pérdida de recorrido} = 3000 - 2778$$

$$\text{Pérdida de recorrido} = 222 \text{ m}$$

Entonces, la pérdida del tiempo de trabajo en una hora es:

$$3000 \rightarrow 60 \text{ min/hora}$$

$$222 \rightarrow X \text{ min/hora}$$

$$X = \frac{222 * 60}{3000}$$

$$X = 4.4 \frac{\text{min}}{\text{hora}}$$

Se asumió adicionar 6 minutos más (10 % de una hora), por agotamiento del operador y maniobras, y con ello obtengo una eficiencia horaria (Efh) de:

$$Efh = \frac{60 - (\sum T)}{60}$$

$$Efh = \frac{60\text{min} - (4.4 + 6)\text{min}}{60\text{min}}$$

$$Efh = 0.83$$

El ancho de trabajo es de:

$$A = 2.8 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$Cer (3\text{km/h}) = \left(2.8 * \frac{3}{10}\right) \times (1) \times (0.83)$$

$$Cer (3\text{km/h}) = 0.697 \text{ ha/hora}$$

▪ **Capacidad de trabajo para velocidad de 6 km/h**

Cálculo de la velocidad de trabajo:

$$V = 6 \frac{km}{h} * (100 - 9.26)\%$$

$$V = 5.44 \frac{km}{h}$$

Se obtuvo la velocidad real de trabajo, que considera el patinamiento, para luego determinar la pérdida de recorrido en una hora:

$$\text{Pérdida de recorrido} = 6000 - 5444$$

$$\text{Pérdida de recorrido} = 556 \text{ m}$$

Entonces, la pérdida del tiempo de trabajo en una hora es:

$$6000 \rightarrow 60 \text{ min/hora}$$

$$556 \rightarrow X \text{ min/hora}$$

$$X = \frac{556 * 60}{6000}$$

$$X = 5.6 \frac{\text{min}}{\text{hora}}$$

Se asumió adicionar 6 minutos más (10 % de una hora), por agotamiento del operador y maniobras, y con ello obtengo una eficiencia horaria (Efh) de:

$$Efh = \frac{60 - (\sum T)}{60}$$

$$Efh = \frac{60 - (5.6 + 6)}{60}$$

$$Efh = 0.81$$

El ancho de trabajo es de:

$$A = 2.8 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$Cer(6km/h) = \left(2.8 * \frac{6}{10}\right) * (1) * (0.81)$$

$$Cer (6km/h) = 1.361 \text{ ha/hora}$$

▪ **Capacidad de trabajo para velocidad de 9 km/h**

Cálculo de la velocidad de trabajo:

$$V = 9 \frac{km}{h} * (100 - 15.62)\%$$

$$V = 7.59 \frac{km}{h}$$

Se obtuvo la velocidad real de trabajo, que considera el patinamiento, para luego determinar la pérdida de recorrido en una hora:

$$\text{Pérdida de recorrido} = 9000 - 7594$$

$$\text{Pérdida de recorrido} = 1406 \text{ m}$$

Entonces, la pérdida del tiempo de trabajo en una hora es:

$$9000 \rightarrow 60 \text{ min/hora}$$

$$1406 \rightarrow X \text{ min/hora}$$

$$X = \frac{1406 * 60}{9000}$$

$$X = 9.37 \frac{\text{min}}{\text{hora}}$$

Se asumió adicionar 6 minutos más (10 % de una hora), por agotamiento del operador y maniobras, y con ello obtengo una eficiencia horaria (Efh) de:

$$Efh = \frac{60 - (\sum T)}{60}$$

$$Efh = \frac{60 - (9.37 + 6)}{60}$$

$$Efh = 0.74$$

El ancho de trabajo es de:

$$A = 2.8 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$Cer (9km/h) = \left(2.8 * \frac{9}{10}\right) * (1) * (0.74)$$

$$Cer (9km/h) = 1.865 \text{ (ha/hora)}$$

De acuerdo a los valores obtenidos de capacidad de trabajo, se tiene que los valores obtenidos para los ensayos de 6km/h y 9km/h, logran las mayores coberturas de trabajo por unidad de tiempo.

4.2.2. Realizar un comparativo de los costos de producción considerando para cada una de las velocidades evaluadas (3 km/h, 6 km/h y 9 km/h)

4.2.2.1. Costo propio del tractor

El tractor doble tracción Marca John Deere modelo 6110D Rops (sin cabina) de 106 HP, tiene el costo de \$ 69 000.00, con tiempo de vida útil estimado de 15 000.00 horas en 10 años, es decir 1 500 horas por año y valor recuperable de 10%.

Las variables consideradas para el cálculo del costo del tractor:

- Depreciación

$$Depreciación = \frac{(69\ 000 - 6\ 900)}{15\ 000}$$

$$Depreciación = 4.14 \frac{\$}{hr}$$

- Reparación

Se asume el mismo de la depreciación: 4.14 \$/hr

- Operativos

Por combustible, operador de tractor y lubricantes:

- Por consumo de combustible:

2.8 galones por hora a S/. 10.00 precio de galón de diesel², considerando un tipo de cambio de S/3.25 por dólar, se obtiene:

$$O_1 = 8.62 \text{ \$/ hr}$$

- Por operador del tractor:

Jornal de operador = S/.30.00 por 8 horas, por lo tanto, es 3.75 soles/hr, considerando un tipo de cambio de S/3.25 por dólar, se obtiene:

$$O_2 = 1.25 \text{ \$/ hr}$$

- Por mantenimiento:

Se asumió el 15% del valor de combustible, entre gastos de filtros, grasas y lubricantes. Por lo tanto, se considera un costo por mantenimiento de:

$$O_3 = 0.621 \frac{\$}{hr}$$

- Intereses

Se asumió que el tractor fue comprado al crédito con un interés anual de 15% pagaderos en 10 años.

$$I_{Total} = C * \frac{(1+I_{anual})^N * 10 * I_{anual}}{(1+I_{anual})^{N-1}} - 1$$

Donde:

I_{Total}	:	Interés total
C	:	Costo propio del tractor
I_{anual}	:	tasa de interés anual
N	:	Número de años

$$I_{Total} = 69000 * \frac{(1+0.15)^{10*10*0.15}}{(1+0.15)^{10}-1} - 1$$

$$I_{Total} = \$31,928.58$$

$$I_{horario} = \frac{I_{Total}}{T}$$

Donde:

$I_{horario}$: Interés horario

T : Tiempo de vida útil del tractor

$$I_{horario} = \frac{31\,928.58}{15\,000}$$

$$I_{horario} = 2.13 \frac{\$}{hr}$$

Entonces el costo propio del tractor es la sumatoria de los costos parciales calculados, como se indica a continuación:

$$\text{Costo propio del tractor} = 4.14 + 4.14 + 8.62 + 1.25 + 0.621 + 2.13$$

$$\text{Costo propio del tractor} == 20.90\$/hr$$

4.2.2.2. Costo propio de sembradora neumática John Deere modelo1030

La sembradora tiene un costo de \$25 200.00, con tiempo de vida promedio de 2500 horas en 5 años, 500 horas por año y valor recuperable de 10%.

Las variables consideradas para el cálculo del costo del implemento son:

- Depreciación:

$$\text{Depreciación} = \frac{(25\,200 - 2\,520)}{2500}$$

$$\text{Depreciación} = 9.07 \frac{\$}{hr}$$

- **Mantenimiento y Reparación:**

Se consideró el 0.035% del costo de la sembradora:

$$\text{Mantenimiento y reparación} = 0.00035 * 25200$$

$$\text{Mantenimiento y reparación} = 8.82 \$/hr$$

- **Intereses**

Se asumió que el implemento fue comprado al crédito con un interés anual de 15% pagaderos en 5 años.

$$I_{Total} = C * \frac{(1+I_{anual})^N * 10 * I_{anual}}{(1+I_{anual})^N - 1} - 1$$

Donde:

I_{Total}	:	Interés total
C	:	Costo propio del tractor
I_{anual}	:	tasa de interés anual
N	:	Número de años

$$I_{Total} = 25\ 200 * \frac{(1+0.15)^5 * 5 * 0.15}{(1+0.15)^5 - 1} - 1$$

$$I_{Total} = \$12\ 475.25$$

$$I_{horario} = \frac{I_{Total}}{T}$$

Donde:

$I_{horario}$:	Interés horario
T	:	Tiempo de vida útil del tractor

$$I_{horario} = \frac{12,475.25}{2500}$$

$$I_{horario} = 4.99 \frac{\$}{hr}$$

Entonces el costo del implemento es la sumatoria de los costos parciales calculados, como se indica a continuación:

$$\text{Costo propio del implemento} = 9.07 + 8.82 + 4.99$$

$$\text{Costo propio del implemento} = 22.88\$/\text{hr}$$

4.2.2.3. Evaluación del costo operativo (tractor + sembradora) con relación a las velocidades en evaluación

- Evaluación de los costos del tractor y sembradora a 3km/h por hectárea

- De acuerdo a la capacidad de trabajo para 3km/h se tiene que:

$$0.697 \text{ ha} \rightarrow 1 \text{ hora}$$

$$1 \text{ ha} \rightarrow x \text{ horas}$$

$$X = \frac{1 \times 1}{0.697}$$

$$X = 1.43 \frac{\text{hr}}{\text{ha}}$$

- Calculando el costo operativo a 3km/h

Sembradora:

$$\$ 22.88 \rightarrow 1 \text{ hora}$$

$$\$ X \rightarrow 1.43 \text{ horas}$$

$$X = \frac{22.88 \times 1.43}{1}$$

$$X = 46.79 \frac{\$}{\text{ha}}$$

Tractor:

$$\$ 20.90 \rightarrow 1 \text{ hora}$$

$$\$ X \rightarrow 1.43 \text{ horas}$$

$$X = \frac{20.90 \times 1.43}{1}$$

$$X = 29.89 \frac{\$}{\text{ha}}$$

Por lo tanto, el costo operativo (CO) para una velocidad de siembra de 3 km/h es de:

$$CO (3\text{km/h}) = 46.79 + 29.89$$

$$CO (3\text{km/h}) = 76.68 \text{ \$/ha, equivalente a } 249.21 \text{ S/./ha}$$

- Evaluación de los costos del tractor y sembradora a 6km/h por hectárea

- De acuerdo a la capacidad de trabajo para 6km/h se tiene que:

$$1.361 \text{ ha} \rightarrow 1 \text{ hora}$$

$$1 \text{ ha} \rightarrow x \text{ horas}$$

$$X = \frac{1 \times 1}{1.361}$$

$$X = 0.73 \frac{\text{hr}}{\text{ha}}$$

- Calculando el costo operativo a 6km/h

Sembradora:

$$\text{\$ } 22.88 \rightarrow 1 \text{ hora}$$

$$\text{\$ } X \rightarrow 0.73 \text{ horas}$$

$$X = \frac{22.88 \times 0.73}{1}$$

$$X = 16.81 \frac{\text{\$}}{\text{ha}}$$

Tractor:

$$\text{\$ } 20.90 \rightarrow 1 \text{ hora}$$

$$\text{\$ } X \rightarrow 0.73 \text{ horas}$$

$$X = \frac{20.90 \times 0.73}{1}$$

$$X = 15.26 \frac{\text{\$}}{\text{ha}}$$

Por lo tanto, el costo operativo (CO) para una velocidad de siembra de 6 km/h es de:

$$CO (6\text{km/h}) = 16.81 + 15.26$$

$$CO (6\text{km/h}) = 32.07 \text{ \$/ha, equivalente a } 104.23 \text{ S/./ha}$$

- Evaluación de los costos del tractor y sembradora a 9km/h por hectárea

- De acuerdo a la capacidad de trabajo para 9km/h se tiene que:

$$1.865 \text{ ha} \rightarrow 1 \text{ hora}$$

$$1 \text{ ha} \rightarrow x \text{ horas}$$

$$X = \frac{1 \times 1}{1.865}$$

$$X = 0.54 \frac{\text{hr}}{\text{ha}}$$

- Calculando el costo operativo a 9km/h

Sembradora:

$$\text{\$ } 22.88 \rightarrow 1 \text{ hora}$$

$$\text{\$ } X \rightarrow 0.54 \text{ horas}$$

$$X = \frac{22.88 \times 0.54}{1}$$

$$X = 12.27 \frac{\text{\$}}{\text{ha}}$$

Tractor:

$$\text{\$ } 20.90 \rightarrow 1 \text{ hora}$$

$$\text{\$ } X \rightarrow 0.54 \text{ horas}$$

$$X = \frac{20.90 \times 0.54}{1}$$

$$X = 11.29 \frac{\text{\$}}{\text{ha}}$$

Por lo tanto, el costo operativo (CO) para una velocidad de siembra de 9 km/h es de:

$$\text{CO (9km/h)} = 12.27 + 11.29$$

$$\text{CO (9km/h)} = 23.56 \text{ \$/ha, equivalente a } 76.57 \text{ S/./ha}$$

4.2.2.4. Costo de semillas

El costo de la semilla por bolsa de 20kg, que contiene aproximadamente 60 000 semillas es de:

$$\text{Costo de bolsa de semilla de Maíz Opaco Mal Paso de 20 kg} = S/.64.00$$

Para una hectárea se necesita 143 000 semillas, considerando un espaciamiento entre plantas de 0.10 m y entre surcos de 0.70 m; se requiere 47.67 kg aproximadamente de semillas de Maíz Opaco Mal Paso.

El peso del grano de semilla es:

$$\text{Peso de grano de maíz} = 20000 \frac{\text{gr}}{60000} \text{ semillas}$$

$$\text{Peso de grano de maíz} \approx 0.33 \text{ gr/semilla}$$

- Costo de semillas para la siembra por hectárea

La cantidad en peso de semillas para cada velocidad de siembra evaluada es de:

$$\text{kg de semillas} = \% \text{ germinación} \times \text{kg de semillas requeridas por ha}$$

- Kg de semillas para la velocidad de evaluación de 3km/h
 $\text{kg de semillas (3km/h)} = 96.5\% \times 47.67 \text{ kg}$
 $\text{kg de semillas (3km/h)} = 46.00 \text{ kg}$
- Kg de semillas para la velocidad de evaluación de 6km/h
 $\text{kg de semillas (6km/h)} = 94.5\% \times 47.67 \text{ kg}$
 $\text{kg de semillas (6km/h)} = 45.05 \text{ kg}$
- Kg de semillas para la velocidad de evaluación de 9km/h
 $\text{kg de semillas (6km/h)} = 72.0\% \times 47.67 \text{ kg}$
 $\text{kg de semillas (6km/h)} = 34.32 \text{ kg}$

Se calcula el costo de semilla para la siembra por hectárea para cada una de las velocidades en evaluación, que es igual a:

$$C_s = \frac{\text{kg de semilla} \times \text{Costo de bolsa 20kg}}{\text{kg de semilla (bolsa)}}$$

Donde:

C_s : Costo de semilla para siembra por ha

- Costo de semillas para la velocidad de evaluación de 3km/h

$$C_s(3km/h) = \frac{\text{kg de semilla (3km/h)} \times \text{Costo de bolsa 20kg}}{\text{kg de semilla (bolsa)}}$$

$$C_s(3km/h) = \frac{46.0 \times 64.0}{20.0}$$

$$C_s(3km/h) = S/147.2$$

- Costo de semillas para la velocidad de evaluación de 6km/h

$$C_s(6km/h) = \frac{\text{kg de semilla (6km/h)} \times \text{Costo de bolsa 20kg}}{\text{kg de semilla (bolsa)}}$$

$$C_s(6km/h) = \frac{45.05 \times 64.0}{20.0}$$

$$C_s(6km/h) = S/144.16$$

- Costo de semillas para la velocidad de evaluación de 9km/h

$$C_s(9km/h) = \frac{\text{kg de semilla (9km/h)} \times \text{Costo de bolsa 20kg}}{\text{kg de semilla (bolsa)}}$$

$$C_s(9km/h) = \frac{34.32 \times 64.0}{20.0}$$

$$C_s(9km/h) = S/109.82$$

- Costo de semillas para la resiembra por hectárea

La cantidad en peso de semillas para cada velocidad de resiembra evaluada es de:

$kg \text{ de semillas} = \%siembra \text{ restante} \times kg \text{ de semillas requeridas por ha}$

- Kg de semillas para la velocidad de evaluación de 3km/h

$$kg \text{ de semillas (3km/h)} = 3.5\% \times 47.67kg$$

$$kg \text{ de semillas (3km/h)} = 1.67kg$$

- Kg de semillas para la velocidad de evaluación de 6km/h

$$kg \text{ de semillas (6km/h)} = 5.5\% \times 47.67kg$$

$$kg \text{ de semillas (6km/h)} = 2.62kg$$

- Kg de semillas para la velocidad de evaluación de 9km/h

$$kg \text{ de semillas (6km/h)} = 28.0\% \times 47.67kg$$

$$kg \text{ de semillas (6km/h)} = 13.35kg$$

Se calcula el costo de semilla para la resiembra por hectárea para cada una de las velocidades en evaluación, que es igual a:

$$C_{RS} = \frac{kg \text{ de semilla para la resiembra} \times \text{Costo de bolsa } 20kg}{kg \text{ de semilla (bolsa)}}$$

Donde:

C_{RS} : Costo de semilla para la resiembra por ha

- Costo de semillas para la velocidad de evaluación de 3km/h

$$C_{RS}(3km/h) = \frac{kg \text{ de semilla para la resiembra (3km/h)} \times \text{Costo de bolsa } 20kg}{kg \text{ de semilla (bolsa)}}$$

$$C_{RS}(3km/h) = \frac{1.67 \times 64.0}{20.0}$$

$$C_{RS}(3km/h) = S/5.33$$

- Costo de semillas para la velocidad de evaluación de 6km/h

$$C_{RS}(6km/h) = \frac{kg \text{ de semilla para la resiembra (6km/h)} \times \text{Costo de bolsa } 20kg}{kg \text{ de semilla (bolsa)}}$$

$$C_{RS}(6km/h) = \frac{2.62 \times 64.0}{20.0}$$

$$C_{RS}(6km/h) = S/8.38$$

- Costo de semillas para la velocidad de evaluación de 9km/h

$$C_{RS}(9km/h) = \frac{kg \text{ de semilla para la resiembra}(9km/h) \times \text{Costo de bolsa } 20kg}{kg \text{ de semilla (bolsa)}}$$

$$C_{RS}(9km/h) = \frac{13.35 \times 64.0}{20.0}$$

$$C_{RS}(9km/h) = S/42.72$$

4.2.2.5. Producción sin resembrar (jornales)

De acuerdo a Vásquez, J. (2015), la producción potencial por hectárea para el maíz forrajero tipo Opaco Mal Paso es de 60 toneladas, y de acuerdo al Gobierno Regional de Arequipa (2017) el precio de venta por kilo de maíz forrajero es de S/. 0.14.

Por lo tanto, se obtuvo que la producción total potencial es de:

$$\text{Ingreso potencial} = \text{Producción potencial} \times \text{precio venta unitario}$$

$$\text{Ingreso potencial} = 60\,000 \text{ kg} \times S/0.14$$

$$\text{Ingreso potencial} = S/. 8\,400.00$$

Por lo tanto, los ingresos esperados para cada velocidad en evaluación son los siguientes:

- Ingreso esperado para la velocidad de evaluación de 3km/h

Se tiene que el porcentaje de germinación es:

$$\text{Porcentaje de germinación (V= 3km/h)} = 96.5\%$$

Entonces la producción potencial resulta:

$$\text{Producción potencial (V= 3km/h)} = 60\,000 \times 0.965$$

$$\text{Producción potencial (V= 3km/h)} = 57\,900kg$$

Por lo tanto, se obtiene un ingreso potencial de:

$$\begin{aligned} \text{Ingreso potencial (V= 3km/h)} &= 57\,900\text{kg} \times 0.14 \text{ S/. /kilo} \\ \text{Ingreso potencial (V= 3km/h)} &= \text{S/. } 8\,106.0 \end{aligned}$$

Así mismo se conoce que el porcentaje de resiembra es:

$$\text{Porcentaje de resiembra (V= 3km/h)} = 3.5\%$$

Entonces la producción potencial no sembrada es:

$$\text{Producción potencial no sembrada (V= 3km/h)} = 60\,000 \times 0.035$$

$$\text{Producción potencial no sembrada (V= 3km/h)} = 2\,100.0 \text{ kg}$$

Por lo tanto, se obtiene que la pérdida por no siembra es de:

$$\text{Pérdida por no siembra (V= 3km/h)} = 2\,100 \text{ kg} \times 0.14 \text{ S/. /kilo}$$

$$\text{Pérdida por no siembra (V= 3km/h)} = \text{S/. } 294.0$$

Conocido el costo del jornal a S/. 50.0 por día (8 horas) y las pérdidas por ha, son considerables, se recomienda realizar la resiembra. Para ello se conoce que 6 jornaleros siembran una hectárea en un día, por lo tanto, cada uno siembra aproximadamente el 16.67% de la hectárea. Pero se requiere para el ensayo de siembra a 3km/h el 3.5% de hectárea para resiembra, por ello se necesita el trabajo de un jornalero por un día, siendo el costo de resiembra S/.50.0.

- Ingreso esperado para la velocidad de evaluación de 6km/h

Se tiene que el porcentaje de germinación es:

$$\text{Porcentaje de germinación (V= 6km/h)} = 94.5\%$$

Entonces la producción potencial resulta:

$$\text{Producción potencial (V= 6km/h)} = 60\,000 \times 0.945$$

$$\text{Producción potencial (V= 6km/h)} = 56\,700\text{kg}$$

Por lo tanto, se obtiene un ingreso potencial de:

$$\text{Ingreso potencial (V= 6km/h)} = 56\,700\text{kg} \times 0.14 \text{ S/. /kilo}$$

$$\text{Ingreso potencial (V= 6km/h)} = \text{S/. } 7\,938.0$$

Así mismo se conoce que el porcentaje de resiembra es:

$$\text{Porcentaje de resiembra (V= 6km/h)} = 5.5\%$$

Entonces la producción potencial no sembrada es:

$$\text{Producción potencial no sembrada (V= 6km/h)} = 60\,000 \times 0.055$$

$$\text{Producción potencial no sembrada (V= 6km/h)} = 3\,300.0 \text{ kg}$$

Por lo tanto, se obtiene que la pérdida por no siembra es de:

$$\text{Pérdida por no siembra (V= 6km/h)} = 3\,300 \text{ kg} \times 0.14 \text{ S/. /kilo}$$

$$\text{Pérdida por no siembra (V= 6km/h)} = \text{S/. } 462.0$$

Conocido el costo del jornal a S/. 50.0 por día (8 horas) y las pérdidas por ha, son considerables, se recomienda realizar la resiembra. Para ello se conoce que 6 jornaleros siembran una hectárea en un día, por lo tanto, cada uno siembra aproximadamente el 16.67% de la hectárea. Pero se requiere para el ensayo de siembra a 6km/h el 5.5% de hectárea para resiembra, por ello se necesita el trabajo de un jornalero por un día, siendo el costo de resiembra S/.50.0.

- Ingreso esperado para la velocidad de evaluación de 9km/h

Se tiene que el porcentaje de germinación es:

$$\text{Porcentaje de germinación (V= 9km/h)} = 72.0\%$$

Entonces la producción potencial resulta:

$$\text{Producción potencial (V= 9km/h)} = 60\,000 \times 0.72$$

$$\text{Producción potencial (V= 9km/h)} = 43\,200\text{kg}$$

Por lo tanto, se obtiene un ingreso potencial de:

$$\text{Ingreso potencial (V= 9km/h)} = 43\,200\text{kg} \times 0.14 \text{ S/. /kilo}$$

$$\text{Ingreso potencial (V= 9km/h)} = \text{S/. } 6\,048.0$$

Así mismo se conoce que el porcentaje de resiembra es:

$$\text{Porcentaje de resiembra (V= 9km/h)} = 28.0\%$$

Entonces la producción potencial no sembrada es:

$$\text{Producción potencial no sembrada (V= 9km/h)} = 60\,000 \times 0.028$$

$$\text{Producción potencial no sembrada (V= 9km/h)} = 16\,800.0\text{kg}$$

Por lo tanto, se obtiene que la pérdida por no siembra es de:

$$\text{Pérdida por no siembra (V= 9km/h)} = 16800.0\text{kg} \times 0.14\text{\$/kilo}$$

$$\text{Pérdida por no siembra (V= 9km/h)} = \text{\$/} 2\,352.0$$

Conocido el costo del jornal a S/. 50.0 por día (8 horas) y las pérdidas por ha, son considerables, se recomienda realizar la resiembra. Para ello se conoce que 6 jornaleros siembran una hectárea en un día, por lo tanto, cada uno siembra aproximadamente el 16.67% de la hectárea. Pero se requiere para el ensayo de siembra a 9km/h el 28.0% de hectárea para resiembra, por ello se necesita el trabajo de dos jornaleros por un día, siendo el costo de resiembra S/.100.0.

4.2.2.6. Costo por uniformización

Con respecto al costo de uniformización, se indica que se pierden 62 kg/ha de maíz forrajero de cosecha por cada 1cm de aumento en la desviación estándar del espaciamiento entre plantas. (FERRARI M., 2015)

Por lo tanto, se ha estimado el costo de uniformización para cada una de las velocidades evaluadas:

- Siembra a 3km/h; tiene desviación estándar de 2.01 cm, lo que provoca una pérdida de producción por hectárea 124.62 kg, es decir S/.17.45.
- Siembra a 6km/h; tiene desviación estándar de 2.53 cm, lo que provoca una pérdida de producción por hectárea 141.86 kg, es decir S/.19.86.
- Siembra a 9km/h; tiene desviación estándar de 5.04 cm, lo que provoca una pérdida de producción por hectárea 312.48 kg, es decir S/.43.75.

4.2.2.7. Determinación de costos por hectárea del maíz forrajero

Finalmente se ha determinado los costos por hectárea para la siembra de maíz forrajero para las diferentes velocidades de evaluación, como se detalla en la Tabla 17.

Tabla 17: Costos por hectárea del maíz forrajero

	Comparación de costos por ha		
	3 km/h	6 km/h	9km/h
Costos fijos y variables	249.21	104.23	76.57
Costo por semillas de maíz utilizados	147.20	144.18	104.82
Costo de maíz para resembrar	5.33	8.38	42.72
Jornales	50.00	50.00	100.00
Pérdidas por desuniformización	17.45	19.86	43.75
Costo Total	469.19	326.65	367.86

4.3. EXPLICA EL NIVEL DE CONTRIBUCIÓN AL CENTRO LABORAL A PARTIR DE LA SOLUCIÓN DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS

En mis inicios de labor en la empresa IPESA S.A.C., la sede Arequipa había sido inaugurada hace pocos meses, por lo que existía el reto de realzar la marca en una región donde los tractores John Deere que habían sido distribuidos en la zona, por la anterior representación, no habían tenido servicio post venta por varios años, y las ventas recientes habían sido gestionadas desde Lima. Es por ello que los clientes tenían dudas y preocupaciones con respecto a la adquisición de nuevos tractores John Deere, y tenían preferencia por marcas que tuvieran representación en la misma región.

Es por ello que con la finalidad de revertir la situación y tener mayor participación en el mercado, se decide ofrecer como servicio de diferenciación, pruebas de calibración de tractores e implementos (estimación de la velocidad óptima de trabajo de siembra y

calibración del implemento y del tractor según requerimiento de cultivo), análisis de costos y seguimiento del funcionamiento de la maquinaria.

Uno de las pruebas en campo que se realizó fue, la evaluación de velocidad de siembra de la sembradora neumática modelo 1030 accionada por el tractor de tracción asistida modelo 6110D marca John Deere de 106hp, para las velocidades de 3km/h, 6km/h y 9km/h, lo cual resultó satisfactorio para el cliente (Fundo Manrique), lo que generó credibilidad y confianza.

El cliente era uno de los productores de leche más influyente en el distrito de Vítor, y la prueba realizada sirvió para demostrar la diferenciación de la marca, repercutiendo positivamente tanto para la venta posterior de equipos al mismo cliente en aplicaciones complementarias como para nuevos clientes, tanto en Vítor y sus anexos: Pueblo Viejo, Barrio Nuevo, Sotillo, San Luis, 9 de febrero, entre otros; como en otras zonas productoras aledañas: La Joya, Santa Rita de Siguan, Irrigación Majes, entre otras.

Esta prueba resultó útil, para replicar el ensayo en el anexo de Lacano en el distrito de La Joya, confirmando los resultados para la velocidad óptima.

Por lo tanto, las pruebas en campo realizadas para la entrega técnica de los diferentes implementos y tractores, tuvieron un efecto de marketing novedoso y ventajoso en la región, lo cual nos permitió acceder a empresas de agroexportación como:

- Agroiinka, empresa productora de cultivos de palta, granada, uva, clementina, entre otros, el cual adquirió tractores Narrow de 77 Hp (modelo 5076EF), para labores de tracción de pulverizadoras de 2000 litros (como en la Figura 23), con desmalezadora (como en la Figura 24), y acarreo de carretas; de 90 HP (5090E) utilizados para labores de labranza de suelo en campos de prueba de cultivos; acarreo de carretas; uso de pulverizadora para estadios iniciales de cultivos, entre otros.



Figura 23. Imagen referencial del tractor Narrow 5076EF con pulverizadora
Fuente: John Deere Argentina, 2016



Figura 24. Imagen referencial del tractor Narrow 5076EF con desmalezadora
Fuente: John Deere Argentina, 2016

- Agrícola Pampa Baja, empresa destinada a la producción de cultivos como uva de mesa, palta, cítricos y granada; adquirieron tractores Narrow de 77 hp (modelo 5425N y luego 5076EF), asimismo tractores de gran capacidad como los modelos 7230J (230 HP) para labores de preparación de suelo con rastras pesadas articuladas de tres cuerpos (Ver Figura 25), así mismos tractores medianos de 90 hp (5090E) para labores generales y preparación de campos de cultivos de prueba.



Figura 25. Imagen referencial del tractor 7230J con sembradora de granos
Fuente: John Deere México, 2016

- Agropecuaria Don Lucho, productor de leche y también productor del cultivo de granada, mandarina y cochinilla; adquirieron máquinas para las labores de preparación de suelo como el tractor de 123 HP (modelo 6125D) además de tractores de alto despeje para cultivos en estadios iniciales y cochinilla de 90 HP (modelo 5090E HI CROP), y para la ganadería tractores de 106 HP (modelo 6110D) utilizada en labores de remolque y accionamiento de mezcladoras de alimento para ganado vacuno (ver Figura 26); y tractores de 75 HP (modelo 5075E) con pala cargadora para cargar forraje (ver Figura 27), y también para la limpieza de establos por su tamaño reducido. Así mismo, es útil al acoplar una hoyadora a los tres puntos para insertar los postes de cercos.



Figura 26. Imagen referencial del tractor 6110D con mezclador de alimentos
Fuente: John Deere México, 2016



Figura 27. Imagen referencial del tractor 5075E con pala cargadora
Fuente: John Deere México, 2016

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se logró evaluar satisfactoriamente las velocidades de siembra de maíz forrajero con sembradora neumática John Deere modelo 1030 accionada por tractor John Deere de tracción asistida modelo 6110D de 106hp, para las tres velocidades de siembra a 3km/h, 6km/h y 9km/h.
- Se comparó los costos de producción para cada una de las velocidades evaluadas (3km/h, 6km/h y 9km/h), determinando que los costos parciales más significativos fueron los costos fijos y variables (costo propio de tractor y del implemento en relación a la velocidad de prueba), resultando el mayor valor para la prueba de 3km/h (S/.249.21) y el menor valor para la prueba a 9km/h (S/.76.57).
- La velocidad óptima de siembra producto de la evaluación resultó a 6km/h, de acuerdo al análisis de los parámetros evaluados como: el número de semillas resultó aceptable según la calibración, el daño mecánico fue mínimo, el porcentaje de patinamiento (9.26%) resultó aceptable para el tipo de terreno (suelo removido), el porcentaje de germinación por hectárea (94.5%) resultó satisfactorio con mínimas pérdidas por hectárea (5.5%), el distanciamiento de semillas resultó dentro del rango de calibración (10cm), la desviación estándar del distanciamiento de semillas resultó un valor mínimo (2.53) indicando la homogeneidad de los valores de distancia entre semillas, la capacidad de trabajo (1.361 ha/hora) resultó un valor aceptable por encontrarse muy cercano al valor para la prueba de 9km/h (1.865ha/hora), y el costo de producción (S/.326.65) resultó inferior a los valores obtenidos de las pruebas de 3km/h (S/.469.19) y 9km/h (S/.367.86).

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los propietarios de sembradoras neumáticas, realizar los ajustes y calibración apropiada, para obtener el correcto funcionamiento, para evitar pérdidas económicas.

- Se recomienda realizar la misma prueba en el rango de velocidades entre 6 km/h y 8km/h, para obtener encontrar mejor relación entre velocidad de siembra y costos de producción por hectárea.

- Se recomienda limpiar, aceitar y engrasar las máquinas, cuando éstas se encuentren sin actividad por tiempo prolongado, ello evitará el deterioro acelerado de sus componentes.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, A. (2004). Maquinaria y Mecanización Agrícola. Primera edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 224 p.
- Pérez, R. (2018). Sistemas Hidráulicos en la Maquinaria Agrícola. Primera edición. Dirección de Publicaciones Científicas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 252 p.
- Municipalidad Distrital de Vitor (2013). Estudio de Factibilidad del Proyecto Instalación y Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable y Desagüe en los Centro Poblados de Vitor, Distrito de Vitor, Provincia de Arequipa – Región Arequipa Código SNIP: 234975. 321 p.
- Ministerio de Agricultura (1994). Evaluación de Impactos Ambientales en Riego y Drenaje – Sub Proyecto Vitor Arequipa. 83 p. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3853/ANA0002354.pdf?sequence=1>.
- Repuestos Fuster S.L. (22 de mayo del 2018). El tractor eléctrico, un paso más hacia la agricultura sostenible [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.repuestosfuster.com/blog/el-tractor-electrico/>.
- Repuestos Fuster S.L. (22 de mayo del 2018). Los diferentes tipos de tractores [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.repuestosfuster.com/blog/los-diferentes-tipos-de-tractores/>.
- John Deere S.A. (25 de mayo del 2018). Labranza mínima y convencional, y calidad e siembra. [Mensaje en la página web]. Recuperado de <https://www.deere.com/latin-america/es/plantaci%C3%B3n-y-siembra/1035/>.
- Cáceres, F.O. (2009). Criterio para la selección y aplicación de lubricantes. Primera edición. Lima, Perú. 144 p.
- Cáceres, F.O. (2005). Mantenimiento de Tractores de Ruedas. Primera edición. Lima, Perú. 85 p.

- Rodríguez, V. (2011) Curso de Administración de Maquinaria. Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Vásquez, J. (2015) Determinación de las condiciones apropiadas para la cama de siembra de maíz forrajero (*Zea Mays L.*), variedad opaco mal paso, bajo las condiciones edafoclimáticas de la irrigación Majes --Arequipa. (Tesis de grado, Universidad Católica de Santa María). Recuperada de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/3046/4I.0258.AG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Gobierno Regional de Arequipa (2017). Costos de producción del cultivo del maíz forrajero por hectárea. [Mensaje en la página web]. Recuperado de https://agroarequipa.gob.pe/images/costos_de_produccion/FORRAJES%20costos%20%20Castilla%20%202017%20.xls
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2015). Análisis de distribución de siembra de maíz – Metodo simplificado para determinar el desvío estándar. [Mensaje en la página web]. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/16-12-15_-_distribucion_de_siembra.pdf.