

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Administración de Agronegocios**  
**Ingeniería en Agronegocios**



Proyecto Especial de Graduación

**Estudio de factibilidad en la implementación de tecnología en la cosecha  
mecanizada de caña de azúcar en Ingenio Magdalena en Guatemala.**

Estudiante

Luis Fernando Cordón Cardona

Asesores

Rommel Reconco, DDE.

Luis Alberto Sandoval, Ph.D.

Honduras, julio 2023

**Autoridades**

**SERGIO RODRÍGUEZ ROYO**

Rector

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**RAÚL SOTO**

Director Departamento de Administración de Agronegocios

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros .....	5
Índice de Figuras .....	6
Índice de Anexos .....	7
Resumen .....	9
Abstract .....	10
Introducción .....	11
Metodología .....	15
Escenarios Seleccionados .....	17
Pasantía en la Empresa Grupo TECUN .....	17
Resultados y Discusión .....	19
Escenario 1: Comparación Financiera Entre Cosechadora sin Tecnología Contra Cosechadora con Tecnología con un Nivel de Capacitación Básico del Operador en Modalidad Leasing .....	25
Análisis Determinístico .....	26
Análisis Estocástico .....	30
Escenario 2: Comparación Financiera Entre Cosechadora sin Tecnología Contra Cosechadora con Tecnología con un Nivel de Capacitación Intermedia del Operador en Modalidad Leasing .....	32
Análisis Determinístico .....	32
Análisis Estocástico .....	36
Escenario 3. Comparación Financiera Entre Cosechadora sin Tecnología Contra Cosechadora con Tecnología con un Nivel de Capacitación Avanzada del Operador en Modalidad Leasing .....	39
Análisis Determinístico .....	39
Análisis Estocástico .....	42
Conclusiones .....	45
Recomendaciones .....	47

Referencias.....	49
Anexos.....	50

## Índice de Cuadros

Cuadro 1 Hectáreas y toneladas cosechadas con cosechadoras DE Grupo TECUN en Ingenio de Magdalena. ....	20
Cuadro 2 Variedades de caña producida en Ingenio Magdalena. ....	20
Cuadro 3 Operadores de cosechadoras sin el paquete tecnológico. ....	21
Cuadro 4 Operadores con nivel de capacitación básico. ....	22
Cuadro 5 Operadores con nivel de capacitación intermedio. ....	22
Cuadro 6 Operadores con nivel de capacitación avanzado. ....	22
Cuadro 7 Evaluación de consumo de combustible sin usar la tecnología en comparación usando la tecnología.....	23
Cuadro 8 Estimación de horas trabajadas en cada escenario en un frente de cosecha hipotético. ....	24
Cuadro 9 Estimación de costos por el uso de la cosechadora con la tarifa de Leasing. ....	24
Cuadro 10 Variables en escenario de nivel de capacitación básico.....	26
Cuadro 11 Determinación de ahorro en el escenario de nivel de capacitación básico.....	27
Cuadro 12 Indicadores financieros del escenario nivel de capacitación básico. ....	28
Cuadro 13 Variables en escenario de nivel de capacitación intermedio.....	32
Cuadro 14 Determinación de ahorro económico en el escenario de nivel de capacitación intermedio. .....	33
Cuadro 15 Indicadores financieros del escenario nivel de capacitación intermedio. ....	35
Cuadro 16 Variables en escenario de nivel de capacitación avanzado. ....	39
Cuadro 17 Determinación de ahorro económico en el escenario de nivel de capacitación avanzado. .....	40
Cuadro 18 Indicadores financieros del escenario nivel de capacitación avanzado.....	41

### Índice de Figuras

Figura 1 Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación básico con programa @RISK. ....	30
Figura 2 Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación básico con programa @RISK. ....	30
Figura 3 Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación básico con programa @RISK.....	31
Figura 4 Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación básico con programa @RISK.....	32
Figura 5 Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación intermedio con programa @RISK. .....	36
Figura 6 Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación intermedio con programa @RISK. .....	37
Figura 7 Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación intermedio con programa @RISK. .....	37
Figura 8 Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación intermedio con programa @RISK. .....	38
Figura 9 Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación avanzado con programa @RISK.	42
Figura 10 Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación avanzado con programa @RISK. .....	42
Figura 11 Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación avanzado con programa @RISK. .....	43
Figura 12 Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación avanzado con programa @RISK. .....	44

## Índice de Anexos

Anexo A Flujo de caja del escenario con tecnología y nivel de capacitación básico. ....	50
Anexo B Flujo de caja del escenario con tecnología y nivel de capacitación intermedio.....	51
Anexo C Flujo de caja del escenario con tecnología y nivel de capacitación avanzado. ....	52
Anexo D Variable de entrada inflación en el programa @RISK para todos los escenarios. ....	53
Anexo E Variable de entrada precio del galón de Diesel en el programa @RISK para todos los escenarios. ....	54
Anexo F Variable de entrada inversión en paquete tecnológico en el programa @RISK para todos los escenarios. ....	55
Anexo G Variable de entrada ahorro con cosechadora con tecnología y nivel de capacitación básico (horas) en el programa @RISK.....	56
Anexo H Variable de entrada capacitación nivel básico en el programa @RISK.....	57
Anexo I Variable de entrada ahorro con cosechadora con tecnología y nivel de capacitación intermedio (horas) en el programa @RISK.....	58
Anexo J Variable de entrada capacitación nivel intermedio en el programa @RISK. ....	59
Anexo K Variable de entrada ahorro con cosechadora con tecnología y nivel de capacitación avanzado (horas) en el programa @RISK.....	60
Anexo L Variable de entrada capacitación nivel avanzado en el programa @RISK.....	61
Anexo M Análisis de sensibilidad en el escenario con tecnología y nivel de capacitación básico en el programa @RISK. ....	62
Anexo N Análisis de sensibilidad en el escenario con tecnología y nivel de capacitación intermedio en el programa @RISK. ....	63
Anexo O Análisis de sensibilidad en el escenario con tecnología y nivel de capacitación básico en el programa @RISK. ....	64
Anexo P Servicios que ofrece grupo TECUN por nivel de capacitación. ....	65
Anexo Q Visita a frente de cosecha de Ingenio Magdalena con personal de grupo TECUN. ....	66

Anexo R Taller movable de grupo TECUN instalado en frente de cosecha de Ingenio Magdalena para mantenimiento de maquinaria. ....	67
Anexo S Mantenimiento preventivo a cosechadora en Ingenio Magdalena con personal de grupo TECUN. ....	68
Anexo T Cosechadora A9900 de grupo TECUN en operación en Ingenio Magdalena.....	69
Anexo U Operador de cosechadora con el paquete tecnológico implementado.....	70
Anexo V Personal del taller de grupo TECUN instalado en frente de cosecha en Ingenio Magdalena.	71
Anexo W Operador de cosechadora sin el paquete tecnológico en Ingenio Magdalena.....	72
Anexo X Entrevista con el jefe del frente de cosecha número 20 con cosechadoras sin el paquete tecnológico.....	73
Anexo Y Cabina de simulación de cosechadora para entrenar a los operados en grupo TECUN.....	74
Anexo Z Trazo de líneas para programar el piloto automático en la cosechadora. ....	75

## Resumen

Esta tesis se enfoca en el estudio del impacto de la implementación de tecnología (Piloto automático, Smart Cruise, Auto Tracker, Auto Turn y Telemetría) y el nivel de capacitación del operador en la eficiencia y productividad de la cosecha de caña de azúcar en Guatemala, con un enfoque particular en el Ingenio Magdalena. La investigación comenzó con una visita a Grupo TECUN, un proveedor de maquinaria agrícola, donde se pudo apreciar en detalle las capacidades productivas de las máquinas y el papel de la tecnología en la operación de las cosechadoras. Se llevaron a cabo visitas de campo para observar y comparar directamente los frentes de cosecha que utilizaban tecnología y aquellos que no lo hacían. Para profundizar en el análisis, se realizó un experimento controlado para medir el consumo de combustible de la maquinaria Autosoft 9900 de Case IH con y sin el uso de tecnología. Este experimento proporcionó datos esenciales para entender la eficiencia de la maquinaria en distintas condiciones de operación. Además de la eficiencia operativa, también se consideró la rentabilidad de la maquinaria. Se exploraron varios escenarios, analizando las diferencias de rentabilidad en la modalidad de leasing de la maquinaria con diferentes niveles de capacitación del operador: básico, intermedio y avanzado. Los resultados demostraron que tanto la implementación de la tecnología como el nivel de capacitación del operador tienen un efecto significativo en la eficiencia y la rentabilidad de la cosecha de caña de azúcar. Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la industria azucarera en Guatemala y sugieren vías potenciales para mejorar la productividad y la eficiencia en el futuro.

*Palabras clave:* Telemetría en cosechadoras de caña de azúcar, Capacitación de operadores, Cosecha de caña de azúcar, Maquinaria Autosoft 9900, Eficiencia de cosechadoras.

### **Abstract**

This thesis focuses on the impact of the implementation of technology (Autopilot, Smart Cruise, Auto Tracker, Auto Turn and Telemetry) and the level of operator training on the efficiency and productivity of sugarcane harvesting in Guatemala, with a particular focus on the Magdalena sugar cane mill. The research began with a visit to Grupo TECUN, a supplier of agricultural machinery, where the productive capabilities of the machines and the role of technology in the operation of the harvesters could be appreciated in detail. Field visits were carried out to observe and directly compare the harvesting fronts that used technology and those that did not. To further the analysis, a controlled experiment was conducted to measure the fuel consumption of Case IH Autosoft 9900 machinery with and without the use of technology. This experiment provided essential data to understand the efficiency of the machinery under different operating conditions. In addition to operational efficiency, the profitability of the machinery was also considered. Several scenarios were explored, analyzing the differences in profitability under machinery leasing with different levels of operator training: basic, intermediate, and advanced. The results showed that both technology implementation and operator training level have a significant effect on sugarcane harvesting efficiency and profitability. These findings have important implications for the sugar industry in Guatemala and suggest potential avenues for improving productivity and efficiency in the future.

*Keywords:* Telemetry in sugarcane harvesters, Operator training, Sugarcane harvesting, Autosoft 9900 machinery, Harvester efficiency.

## Introducción

El azúcar es un producto agroindustrial con una alta demanda a nivel mundial, debido a su consumo masivo y a su uso en combinación con diversos alimentos. Es un producto base en la dieta alimentaria humana y constituye una importante fuente de calorías, pero es frecuentemente asociado al término “calorías vacías”, debido a la ausencia de vitaminas y minerales en su composición. A pesar de estas consideraciones, el consumo de azúcar cada vez aumenta con el paso de los años, aunque con un ritmo menor por temas relacionados con la salud (Departamento de Análisis Económico y Estándares de Supervisión, 2016).

La caña de azúcar es originaria del sureste de Asia y según datos históricos llegó a Guatemala en el siglo XVI tras el arribo de Cristóbal Colón al continente americano. El cultivo de caña de azúcar inició de manera artesanal y al transcurso de los siglos se ha convertido en el principal producto agroindustrial de exportación de Guatemala, con un 70% de la producción destinada para la exportación. Esto ha convertido a Guatemala a posicionarse en el sexto país exportador de azúcar a nivel mundial, creando una larga cadena de desarrollo para el país, generando más 56,000 puestos de trabajo directos y más de 280,000 indirectos (Sugar for Good, 2017).

El proceso de cosecha de la caña de azúcar más comúnmente utilizado en Guatemala es criticado por ser un método muy contaminante, en el cual se quema la caña de azúcar antes de su cosecha, generando emisiones significativas de dióxido de carbono al medio ambiente. Este gas es uno de los principales gases de efecto invernadero que contribuyen con el calentamiento global, lo que tiene implicaciones negativas para el planeta en general. Además, este método de cosecha tiene un impacto en la salud de los residentes de las zonas aledañas a las plantaciones, lo que es motivo de preocupación adicional (Salvatierra, 2009).

En el período 2015/2016, los ingenios azucareros comenzaron a adoptar políticas ambientales enfocadas en mitigar su impacto en el medio ambiente. Estas políticas incluyen el uso más eficiente de los recursos, y la utilización de equipos que ayuden a disminuir las emisiones generadas durante el proceso de producción. La industria azucarera está comprometida con la mejora continua de su

política ambiental con el objetivo de reducir significativamente el impacto ambiental de este monocultivo (Azúcar de Guatemala, 2019). Entre las tecnologías más recientes que han implementado en el mercado para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas durante la zafra se encuentran las cosechadoras de caña de azúcar creadas por la empresa estadounidense Case IH ya que se puede realizar la cosecha en verde de la caña de azúcar evitando la quema de esta.

“Case IH es la marca de los agricultores de todo el mundo que quieren integrar la tecnología en su trabajo. Está diseñada y fabricada para suministrar una potencia eficaz y ventajas agronómicas que incrementan la producción y limitan el costo de los insumos” (CASE IH, 2020). La empresa incursionó en Guatemala por medio del Grupo TECUN, convirtiéndose en socios comerciales en la distribución de todo tipo de maquinaria agrícola, entre ellas las cosechadoras de caña.

Grupo TECUN, es un grupo empresarial que cuenta con diversas divisiones de negocios, abarcando una alta gama de productos de uso agrícola. Este grupo empresarial ha trabajado estrechamente con los ingenios azucareros para el desarrollo y la mejora de su tecnología, con el objetivo de optimizar sus procesos productivos.

La adaptación de tecnología en la cosecha de caña de azúcar representa un importante avance hacia la agricultura 4.0, cuyo objetivo es lograr una mayor eficiencia y rapidez en los procesos de cosecha. En particular, la implementación de la tecnología ha permitido llevar la cosecha mecanizada de caña de azúcar a un nivel superior. Con esta tecnología, se logra un proceso de cosecha más eficiente, rápido, organizado y uniforme, lo que se traduce en una reducción de personal necesario, reducción de horas de trabajo, ahorros en el consumo de combustibles, entre otros beneficios que se pueden obtener. Además, esta tecnología proporciona información relevante en tiempo real, lo que permite un mejor control y administración de los recursos.

Los ingenios azucareros en Guatemala han implementado gradualmente la cosecha mecanizada, debido a la escasez de la mano de obra provocada por la alta tasa de migración de las zonas rurales. Se prevé que la cosecha manual sea completamente reemplazada por la cosecha mecanizada, ya que el uso de esta maquinaria aumenta año con año y a su vez la cosecha manual

disminuye. Una de las limitantes en la adquisición de este tipo de tecnología es su alta inversión inicial, por ser una maquinaria que ofrece una mayor capacidad de trabajo y un menor costo operativo, posee un alto valor inicial que se asegura que esta inversión es recuperable, al ser una cosechadora con una alta capacidad de trabajo también se requiere grandes extensiones de cultivo para poder costear el uso de esta maquinaria.

El grupo empresarial TECUN, en colaboración con su proveedor, la empresa Case IH, se han encargado de la distribución de cosechadoras de caña de azúcar en Guatemala. El Grupo TECUN se dedica a la venta de estas cosechadoras a los ingenios de Guatemala, y además posee su propia flota de cosechadoras que ofrece en modalidad de renta a los productores que no pueden costear su compra. Asimismo, el Grupo TECUN brinda capacitaciones sobre el uso adecuado de la maquinaria a quien la adquiera, ofrece servicios de mantenimiento y proporciona repuestos necesarios, entre otros servicios que ofrecen a sus clientes.

Grupo TECUN podría ofrecer a los productores información concreta y detallada sobre las ventajas y beneficios que ofrece la implementación de tecnología en la cosecha de caña de azúcar. La oportunidad de negocio para grupo empresarial TECUN radica en demostrar a través del estudio de factibilidad que la implementación de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar es más rentable y eficiente que el método convencional, y en ofrecer servicios de venta, renta, asesoría y capacitación a los productores interesados en adoptar esta tecnología.

Problemática planteada por Grupo TECUN: “La problemática a resolver es que no se tiene un estudio objetivo sobre la rentabilidad de implementar tecnología en la cosecha mecanizada de caña. Esto integra el uso de todos los sistemas (piloto automático, Smart Cruise, AutoTracker, Auto Turn, Telemetría). Mas que pensar si es venta o renta de máquinas, el estudio es enfocado en lograr que los ingenios tomen fuerza en la implementación del paquete tecnológico. Se requiere que los clientes tengan claro el retorno de inversión, basado en la productividad y calidad del funcionamiento de los equipos en todo su sistema de corte y alce de caña”.

Debido a lo novedoso de la tecnología de Piloto automático y las automatizaciones de Smart Cruise, Auto Turn, Auto Tracker y Telemetría, existe muy poca investigación que evalúe su contribución y eficiencia a la cosecha del cultivo de la caña, se definió como objetivo general de esta investigación evaluar la factibilidad financiera y productiva de la implementación de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar en Ingenios Azucareros en Guatemala, en comparación con el método de cosecha mecanizada convencional sin tecnología.

Los objetivos específicos son:

Analizar las diferencias en productividad y costos entre el método de cosecha mecanizada sin tecnología y la cosecha mecanizada con tecnología de caña de azúcar en Ingenios Azucareros de Guatemala.

Evaluar el impacto de la implementación de tecnología en la cosecha mecanizada en los usuarios que poseen la maquinaria, analizando los diferentes niveles de capacitación de los operadores.

Realizar un análisis financiero para determinar la factibilidad de la adquisición de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar en términos de rentabilidad y retorno de inversión para cada escenario planteado.

## Metodología

Analizar las diferencias en productividad y costos entre el método de cosecha mecanizada sin tecnología y la cosecha mecanizada con tecnología de caña de azúcar en Ingenios Azucareros de Guatemala. Para alcanzar este objetivo se siguieron los siguientes pasos:

Identificación del ingenio azucarero en Guatemala que utilizan la cosecha mecanizada de caña de azúcar con y sin tecnología y su disposición a participar en el estudio.

Selección de los frentes de caña de azúcar dentro del ingenio seleccionados para el estudio, considerando factores como la variedad de caña, la edad del cultivo, la topografía, entre otros.

Establecimiento de los parámetros de medición para la productividad, tales como el rendimiento por hectárea, la eficiencia de la maquinaria, el tiempo de cosecha, entre otros.

Recopilación de datos para la cosecha mecanizada sin tecnología y con tecnología, incluyendo el costo de la maquinaria, los costos de operación, los costos de mano de obra y los costos de combustible.

Análisis económico de los datos recopilados para identificar las diferencias significativas en productividad y costos entre los dos métodos de cosecha.

Evaluación de la factibilidad de la implementación de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar en los ingenios evaluados, considerando los resultados del análisis de costos y productividad, así como otros factores relevantes como la disponibilidad de financiamiento y la capacidad de gestión de los ingenios.

Para evaluar el impacto de la implementación de tecnología en la cosecha de caña de azúcar mecanizada en los usuarios que poseen la maquinaria, analizando los diferentes niveles de capacitación de los operadores, se utilizó la siguiente metodología:

Seleccionar una muestra representativa de los frentes de cosecha mecanizada en el Ingenio Azucarero que implementaron la tecnología en su proceso de cosecha.

Revisar las bitácoras de trabajo para obtener información sobre su experiencia en la implementación de tecnología en la cosecha mecanizada con y sin tecnología.

Analizar los resultados de los datos históricos para identificar los beneficios y desafíos que los usuarios han experimentado al implementar tecnología en la cosecha mecanizada con y sin tecnología.

Comparar técnica y económicamente los resultados obtenidos en el paso anterior al usar maquinaria de cosecha mecanizada que no han implementado tecnología en su proceso de cosecha.

Evaluar el impacto de la implementación de tecnología en la cosecha mecanizada en términos de eficiencia, productividad y costos.

Realizar un análisis económico de los datos recopilados para validar los resultados obtenidos y generar conclusiones confiables sobre el impacto de la implementación de tecnología en la cosecha mecanizada.

Para realizar un análisis financiero para determinar la factibilidad de la adquisición de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar en términos de rentabilidad y retorno de inversión, para cada escenario planteado, se utilizó la siguiente metodología:

Recopilar información sobre los costos y beneficios asociados con la adquisición y uso de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar a través de revisión bibliográfica y revisión de bitácoras de trabajo del Ingenio Magdalena.

Describir los diferentes tipos de tecnologías disponibles en el mercado para la cosecha mecanizada de caña de azúcar, así como sus características y costos.

Seleccionar una muestra representativa de los frentes de corte de caña de azúcar que han implementado tecnología en la cosecha mecanizada y que estén dispuestos a proporcionar datos relevantes.

Recolectar datos financieros, tales como ingresos, costos de adquisición, costos operativos, costos de mantenimiento y reparación, entre otros, de los ingenios seleccionados.

Realizar un análisis financiero utilizando la técnica de análisis marginal para evaluar la rentabilidad y el retorno de inversión asociado con la adquisición de tecnología para la cosecha mecanizada de caña de azúcar.

Interpretar los resultados del análisis financiero y determinar la factibilidad de la adquisición de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar en términos de rentabilidad y retorno de inversión.

### **Escenarios Seleccionados**

Comparación financiera entre cosechadora sin tecnología contra cosechadora con tecnología con un nivel de capacitación básico del operador en modalidad Leasing.

Comparación financiera entre cosechadora sin tecnología contra cosechadora con tecnología con un nivel de capacitación intermedia del operador en modalidad Leasing.

Comparación financiera entre cosechadora sin tecnología contra cosechadora con tecnología con un nivel de capacitación avanzado del operador en modalidad Leasing.

### **Pasantía en la Empresa Grupo TECUN**

El primer paso fue establecer la comunicación con la empresa para acordar los términos de la pasantía y obtener el permiso necesario para realizar la investigación. Se buscó obtener el permiso necesario para realizar el estudio y se acordaron las fechas y la duración de la pasantía.

Preparación de la visita al sitio, antes de comenzar la pasantía, se planificó una visita al sitio para familiarizarse con las operaciones de cosecha mecanizada y la tecnología empleada de la utilizada por Grupo TECUN. Durante la visita se buscó identificar los equipos y procesos claves que se analizarán durante la pasantía.

Formación en el uso de la cosechadora Autosoft 9900, durante la pasantía, se participó en un entrenamiento específico sobre el uso de la tecnología de la cosechadora Autosoft 9900 para comprender completamente su funcionamiento y beneficios.

Recopilar datos sobre los procesos de cosecha mecanizada con la tecnología de la caña, los costos asociados, los beneficios, los desafíos, y otros factores relevantes. Esta información se recolectó a través de la observación directa, entrevistas con los empleados y la revisión de documentos y registros relevantes de la empresa.

Analizar los datos recolectados para evaluar la eficacia y eficiencia de la tecnología en la cosecha mecanizada de la caña en Grupo TECUN.

## Resultados y Discusión

Se comenzó la investigación con una visita a la empresa Grupo TECUN, un actor destacado en la industria de la maquinaria agrícola. Durante esta visita, se sumergió en una exploración técnica exhaustiva, conociendo las sofisticadas automatizaciones, el funcionamiento y los beneficios de las cosechadoras de caña de azúcar. Se tuvo la oportunidad de aprender a operar una de estas máquinas a través de un simulador, tal acción proporcionó una comprensión práctica y tangible de los comandos que proporciona la cosechadora al momento de operarla.

Grupo TECUN mostró su compromiso con el servicio al cliente, exponiéndole los diversos servicios de mantenimiento de maquinaria que ofrecen, junto con el seguimiento en tiempo real de las operaciones de la máquina desde su sala de control. El hecho de que la empresa envíe alertas a los clientes para mantenerlos informados sobre el funcionamiento de su maquinaria demuestra su dedicación a la satisfacción del cliente.

Posteriormente, se realizó una visita a campo, para evaluar dos frentes de cosecha en el Ingenio Magdalena. Se observó el contraste directo entre el frente 20, que funcionaba sin tecnología, y el frente 22, que había incorporado la tecnología en sus operaciones de cosecha. Durante esta visita, se pudo hablar con los jefes de los frentes de cosecha y los operadores de las cosechadoras, lo que proporcionó una visión de primera mano de las operaciones en el terreno y un entendimiento más profundo de cómo la tecnología puede influir en la eficiencia y la productividad en la industria de la caña de azúcar.

Se eligió al Ingenio Magdalena como objeto de estudio debido a su gran extensión de área con cultivo de caña de azúcar y a su conveniencia para brindar información sobre las operaciones de cosecha. Esta elección proporciona una visión significativa de las operaciones de cosecha a gran escala y del impacto de la implementación de tecnología en tales operaciones.

Luego, se identificó los frentes de cosecha específicos que se evaluarían durante el estudio. Se seleccionaron todos los frentes de cosecha en los cuales se tiene presencia por parte de Grupo

TECUN, proporcionando una muestra representativa de las operaciones de cosecha del Ingenio Magdalena.

Tras identificar estos frentes de cosecha, se procedió a recopilar la información más relevante, incluyendo la recolección de datos sobre aspectos clave como el rendimiento de la cosecha, la eficiencia de la maquinaria, el uso de la tecnología, los costos operativos, y la capacitación y experiencia de los operadores de la maquinaria. La recopilación de estos datos estableció la base para el análisis posterior.

### Cuadro 1

*Hectáreas y toneladas cosechadas con cosechadoras DE Grupo TECUN en Ingenio de Magdalena.*

Frente	Hectáreas	Toneladas Totales	Ton/Ha
15	2,812.95	267,211.45	94.99
16	4,036.78	403,693.38	100.00
17	3,315.86	326,201.68	98.38
18	3,043.88	300,026.41	98.57
19	3,078.01	287,602.48	93.44
20	2,397.84	252,155.28	105.16
22	2,845.15	271,860.43	95.55
27	3,607.99	388,098.49	107.57
29	3,024.17	293,384.85	97.01
Total	28,162.62	2,790,234.46	99.08

### Cuadro 2

*Variedades de caña producida en Ingenio Magdalena.*

	Variedad de la Caña	TM/HA
1	CG 00-033	84.93
2	CG 00-102	118.31
3	CG 01-53	106.89
4	CG 02-163	109.39
5	CG 04-10267	79.86
6	CG 09-2204	89.19
7	CG 10-160151	107.43
8	CG 9810	112.17
9	CG 9846	118.50
10	CG 9878	103.52
11	CGMEX 10-26315	124.25
12	CP 01-1341	135.56
13	CP 01-1564	92.60
14	CP 021564	129.42
15	CP 08-1981	116.56
16	CP 722086	104.86
17	CP 731547	122.03
18	CP 881165	103.40

	Variedad de la Caña	TM/HA
19	CP 892143	84.41
20	CP 931017	98.70
21	MEX 79-431	115.47
22	PGM 89968	119.02
23	PR 752002	96.53
24	RB 721012	107.46
25	RB 732577	101.57
26	RB 845210	99.96
27	RB 84-5210	110.57
28	SP 716161	100.71
29	SP 791287	99.80
30	SP 83-2847	96.22
31	Varias Intermedias	98.30
32	Varias Tardías	98.19
33	Varias Tempranas	104.44

Después de la visita inicial, se procedió a la fase de recopilación de datos. El primer paso consistió en identificar a todos los operadores de maquinaria dentro del programa de desarrollo que maneja Grupo TECUN. Los operadores fueron clasificados en base a sus niveles de capacitación, evaluados y segmentados por Grupo TECUN en tres niveles distintos: Básico, Intermedio y Avanzado, siendo el nivel Avanzado el más alto y el Básico el más bajo, cabe mencionar que el frente de cosecha número 20 que no utilizan tecnología, los operadores no se encuentran en el programa de desarrollo por eso no se tiene definido un nivel de capacitación específico para ellos solamente la eficiencia de cosecha. A continuación, se ordenaron estos datos, preparándolos para el análisis posterior. Este sistema de categorización ayuda a entender la correlación entre el nivel de capacitación del operador y la eficacia de la cosecha mecanizada, particularmente en relación con la implementación de tecnología.

### Cuadro 3

*Operadores de cosechadoras sin el paquete tecnológico.*

Frente alce	ID cosechadora	TM/hora real
20	678-021	39.87
20	678-022	39.18
20	678-023	36.79
Promedio de Eficiencia		38.62

**Cuadro 4***Operadores con nivel de capacitación básico.*

Frente Alce	ID Cosechadora	Operador	Nivel de Capacitación	TM/Hora Real
16	747-084	Elver Morales	Básico	42.41
17	747-031	Carlos Xicajab	Básico	40.28
17	747-027	Byron Sican	Básico	38.96
22	799-048	Marlon López	Básico	42.18
29	747-002	Raúl Francisco Vallejos	Básico	39.74
Promedio de Eficiencia				40.72

**Cuadro 5***Operadores con nivel de capacitación intermedio.*

Frente Alce	ID Cosechadora	Operador	Nivel de Capacitación	TM/Hora Real
15	799-001	Ignacio Valenzuela	Intermedio	43.91
15	799-003	Erick Ache	Intermedio	43.33
15	799-003	Rafael Hernandez	Intermedio	41.23
15	799-002	Cesar Siquin	Intermedio	39.14
16	747-082	Alex Eduardo Yac	Intermedio	41.29
16	747-083	Gustavo Barrios	Intermedio	39.39
18	799-046	Julio Calel	Intermedio	47.71
18	799-046	Juan Tobar	Intermedio	44.54
18	799-044	Juan Chavac	Intermedio	42.85
19	799-025	Armando Chavac Retana	Intermedio	38.61
19	799-024	Juan Francisco Cac Chip	Intermedio	38.40
19	799-023	Jaime Martin	Intermedio	35.74
22	799-049	Gerber Castillo	Intermedio	46.65
29	747-002	Auner Valenzuela	Intermedio	46.07
Promedio de Eficiencia				42.06

**Cuadro 6***Operadores con nivel de capacitación avanzado.*

Frente Alce	ID Cosechadora	Operador	Nivel de Capacitación	TM/Hora Real
16	747-084	Josue del Águila	Avanzado	44.25
17	747-028	Lorenzo Ruyan	Avanzado	49.17
18	799-045	Richar Montepeque	Avanzado	50.60
18	799-044	Belman Davila	Avanzado	42.49
19	799-023	Elmer Misael Trujillo	Avanzado	38.30
27	747-032	Adolfo Escobar	Avanzado	58.34
27	747-030	Nelson Gomez	Avanzado	57.58
27	747-029	Brandon Barrera	Avanzado	54.92
29	747-003	Manuel Orlando Lopez	Avanzado	49.94
29	747-003	Marvin Garcia	Avanzado	48.82
29	747-001	Jaime Ramos	Avanzado	48.53
29	747-001	Edi Fernando Rivera	Avanzado	47.24
Promedio de Eficiencia				49.18

Se llevó a cabo un experimento controlado con el apoyo del personal de Ingenio Magdalena y de Grupo TECUN para comparar el consumo de combustible de la misma máquina Autosoft 9900 bajo dos condiciones distintas. En la primera condición, la maquinaria operó durante una hora con la tecnología apagada. Posteriormente, en la misma máquina, se activó la tecnología y se operó durante un período de tiempo equivalente. En ambos escenarios, la maquinaria trabajó la misma cantidad de tiempo y cosechó la misma cantidad de producto.

Este experimento permitió realizar una comparación directa y justa del consumo de combustible entre las dos condiciones, eliminando cualquier variable que pudiera sesgar los resultados. Los datos resultantes se registraron y se presentan en el cuadro 7 donde se evidenció un ahorro de 0.8 galones de combustible diésel al momento que se utilizó la tecnología en la cosecha. Esta comparación directa proporciona una visión clara del impacto que la tecnología puede tener en la eficiencia energética de la maquinaria de cosecha.

#### **Cuadro 7**

*Evaluación de consumo de combustible sin usar la tecnología en comparación usando la tecnología.*

Tecnología	Horómetro	Combustible Utilizado (Galones)	Auto volteos
On	1675 - 1676	9.8	9
Off	1676 - 1677	10.6	9

Para evaluar la rentabilidad de la maquinaria en la modalidad de leasing, se realizaron cálculos específicos en un escenario hipotético. Se definió un frente de cosecha hipotético con 100,000 toneladas de caña para cosechar y evaluar los tres escenarios planteados.

Este enfoque permitió explorar no sólo el impacto de la tecnología en sí, sino también cómo la capacitación del operador puede influir en la eficacia de la implementación de la tecnología. Al hacerlo, se logró obtener una comprensión más profunda y matizada de cómo la tecnología y la formación humana interactúan para afectar la productividad y la rentabilidad en la cosecha de la caña de azúcar.

**Cuadro 8**

*Estimación de horas trabajadas en cada escenario en un frente de cosecha hipotético.*

Escenario	Cosecha anual	Rendimiento	Trabajo anual
	(TM)	(TM/Hr)	(Hr)
Sin tecnología	100,000	38.616	2,590
Con tecnología y nivel de capacitación Básico	100,000	40.7159	2,456
Con tecnología y nivel de capacitación Intermedio	100,000	42.0623	2,377
Con Tecnología y nivel de capacitación Avanzado	100,000	49.1814	2,033

Al trabajar en modalidad de leasing, se aplica una tarifa específica de \$120.00 por hora en todos los escenarios considerados, en los que se incluye el uso de la maquinaria, mantenimiento diario en el lugar de trabajo, monitoreo en tiempo real de la maquinaria, informes diarios y semanales sobre el uso de maquinaria, envío de alertas en tiempo real sobre fallas o maquinas en ralentí y apoyo en el programa de capacitación de operadores. Por lo tanto, se estimó el costo de la cosecha para cada escenario considerando esta tarifa establecida.

Es crucial señalar que esta tarifa es la misma para todos los escenarios, ya que la inversión en el paquete tecnológico tiene un costo aparte. Esta práctica estándar de tarificación permite una comparación justa y equitativa entre los diferentes escenarios.

Esta parte del análisis proporciona una visión valiosa sobre cómo la inclusión de los costos de leasing puede afectar la rentabilidad de la cosecha en los diversos escenarios, y cómo la decisión de usar o no la tecnología puede influir en esta rentabilidad bajo la estructura de tarifas establecida.

**Cuadro 9**

*Estimación de costos por el uso de la cosechadora con la tarifa de Leasing.*

Cosechadora	Rendimiento	Precio Leasing	
	(TM/Hr)	(US\$/Hr)	(US\$/TM)
Sin tecnología	38.616	120	3.11
Con tecnología con nivel de capacitación Básico	40.7159	120	2.95
Con tecnología con nivel de capacitación Intermedio	42.0623	120	2.85
Con Tecnología con nivel de capacitación Avanzado	49.1814	120	2.44

Para cada escenario, adicionalmente al escenario determinístico, se realizó un análisis estocástico con el objetivo de evaluar los riesgos asociados. Este análisis se llevó a cabo utilizando el

software de simulación de Monte Carlo @RISK, lo cual permitió incorporar incertidumbre en nuestras variables de entrada y observar cómo esta incertidumbre podría afectar nuestras decisiones. Las variables de entrada en estas simulaciones incluyeron la inflación, el precio del diésel, el ahorro en tiempo de trabajo (expresado en horas), la inversión requerida para implementar la tecnología, y los costos de capacitación.

Dado que estos factores pueden variar en el mundo real, modelarlos como variables estocásticas (en lugar de como números fijos) nos proporcionó una comprensión más completa y realista de las posibles implicaciones financieras de cada escenario.

Las variables de salida, es decir, las métricas que nos interesaba analizar fueron el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Al simular estos valores como resultado de nuestras variables de entrada, fuimos capaces de identificar potenciales resultados y su probabilidad de ocurrencia. Esta información resultó ser crucial para la evaluación integral de los escenarios y la toma de decisiones informada.

### **Escenario 1: Comparación Financiera Entre Cosechadora sin Tecnología Contra Cosechadora con Tecnología con un Nivel de Capacitación Básico del Operador en Modalidad Leasing**

Continuando con la investigación, el siguiente paso fue elaborar un flujo de caja para cada escenario. Esto implicó un análisis detallado y sistemático de las entradas y salidas de efectivo para cada situación: sin tecnología, con tecnología y un operador de nivel Básico, con tecnología y un operador de nivel Intermedio, y con tecnología y un operador de nivel Avanzado.

El proceso comenzó con la comparación de la cosecha mecanizada sin tecnología contra la cosecha mecanizada con tecnología y un nivel de capacitación básico. Esta comparación destacó el ahorro potencial generado por el uso de tecnología incluso a un nivel básico de operación.

Para facilitar este análisis, se creó una tabla de variables que capturó los diferentes componentes de costos y beneficios en cada escenario. Esta tabla permitió una representación visual clara de las diferencias entre los escenarios y sirvió como base para la construcción de los flujos de caja.

## **Análisis Determinístico**

### **Cuadro 10**

*VARIABLES EN ESCENARIO DE NIVEL DE CAPACITACIÓN BÁSICO.*

Variables	
Cosechadora actual sin tecnología (horas)	2,590
Ahorro previsto en el consumo (horas)	134
Tarifa (\$/hora)	120
Horas por contrato al año	2,500
Ahorro en combustible (Galones)	1,309
Diferencia de consumo de combustible entre la cosechadora con tecnología en comparación a la cosechadora sin tecnología (galones)	0.8
Total ahorro de combustible por diferencia (Galones)	1,965
Total combustible ahorrado (Galones)	3,274
Precio del galón de diesel (\$/galón)	3.41
Años de vida útil	5
Costo de los recursos propios	8%
Inflación	6.5%
Inversión en paquete tecnológico (\$)	23,500
Costos en capacitación anual por cosechadora (\$)	1500
Pago en retención de operadores anual por cosechadora (\$)	0

Los datos de las variables de inflación de 6.5% se tomaron del Banco de Guatemala (2023a) y el valor de galón de diésel se tomaron de los valores actuales que se presentan actualmente en Guatemala, el valor del galón de diésel tiene un precio de Q26.56 según Gobierno de Guatemala (2023) y se aplicó una tasa de cambio de Q7.80 por dólar según Banco de Guatemala (2023b). El valor de los recursos propios fue definido por Grupo TECUN, este costo es el rendimiento mínimo que los que Grupo TECUN esperan obtener de su inversión, y se utilizó como un factor importante en la evaluación de la rentabilidad y viabilidad de un proyecto o inversión al calcular el costo promedio del capital ponderado.

Después de establecer la tabla de variables, se procedió con los cálculos para determinar el ahorro potencial en cada escenario. Estos cálculos permitieron la cuantificación de los beneficios económicos de utilizar tecnología en la cosecha mecanizada, incluso en el nivel básico de operación.

Al realizar este análisis, se pudo visualizar la diferencia de costos en cada escenario, proporcionando una medida cuantitativa del ahorro potencial que puede lograrse al implementar tecnología en la cosecha de caña de azúcar.

Estos cálculos son esenciales en la metodología, ya que proporcionaron la base para la evaluación económica de la implementación de tecnología en la cosecha de caña de azúcar. Al mostrar el ahorro potencial, se evidencia el valor económico de la tecnología en la operación de cosecha mecanizada.

### Cuadro 11

*Determinación de ahorro en el escenario de nivel de capacitación básico.*

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cosechadora sin tecnología (Horas/año)		2,590	2,590	2,590	2,590	2,590
Cosechadora con tecnología con nivel de capacitación básico (Horas/año)		2,456	2,456	2,456	2,456	2,456
Ahorro con Cosechadora con Tecnología nivel básico (Horas)		134	134	134	134	134
Costo (\$/hora)		\$120.00	\$120.00	\$120.00	\$120.00	\$120.00
Año de operación		1	1	1	1	1
Ahorro de horas por año (\$/año)		\$16,027	\$16,027	\$16,027	\$16,027	\$16,027
Ahorro en galones de combustible Diesel (Galones)		3,274	3,274	3,274	3,274	3,274
Precio del galón de Diesel (\$/Galón)		\$3.41	\$3.63	\$3.87	\$4.12	\$4.39
Ingreso por ahorro de Diesel (\$/año)		\$11,613	\$11,889	\$12,662	\$13,485	\$14,361
Total ahorros		\$27,190	\$27,916	\$28,689	\$29,512	\$30,388

El cuadro 11, proporciona un desglose detallado de los ahorros obtenidos al utilizar la tecnología en la cosecha mecanizada de la caña de azúcar, en comparación con la operación sin tecnología, durante un período de cinco años. Se toma en cuenta tanto el ahorro en términos de tiempo de trabajo como el ahorro en el consumo de combustible.

Para cada año desde el Año 1 hasta el Año 5, se muestra la cantidad de horas de trabajo por año para la cosechadora sin tecnología y la cosechadora con tecnología con nivel de capacitación básico. Se puede observar que la tecnología reduce el tiempo de trabajo anual en 134 horas en cada uno de los cinco años.

El costo por hora de operación de la cosechadora también se muestra en la tabla, y se puede ver que este costo aumenta cada año. Al multiplicar el ahorro de horas por el costo por hora, se

obtiene el ahorro anual en términos de costos de operación. Este ahorro es de \$16,027 en todos los años, ya que los contratos de renta se tienen establecida la tarifa fija de \$120.00 la hora.

Además de los ahorros en costos de operación, la tecnología también permite ahorros en términos de consumo de combustible. Los ahorros en combustible Diesel se calculan y multiplican por el precio del galón de Diesel para obtener el ahorro anual en términos de costos de combustible. De nuevo, este ahorro también aumenta cada año debido a la tasa de inflación de 6.5% anual que posee Guatemala, desde \$11,613 en el Año 1 hasta \$14,361 en el Año 5.

Finalmente, se suman los ahorros de costos de operación y de combustible para obtener el ahorro total por año. En el Año 1, el ahorro total es de \$27,190, y este monto aumenta cada año hasta llegar a \$30,388 en el Año 5. Esta información demuestra claramente el impacto económico positivo que la implementación de tecnología puede tener en la cosecha mecanizada de la caña de azúcar.

Los indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) y el Índice de Desarrollo (ID) son fundamentales para evaluar la viabilidad de cualquier proyecto o inversión.

Estos indicadores financieros permiten evaluar la rentabilidad y el riesgo de la inversión en tecnología para la cosecha mecanizada, y proporcionan información valiosa para la toma de decisiones.

## Cuadro 12

*Indicadores financieros del escenario nivel de capacitación básico.*

Indicadores financieros	
VAN =	\$79,771
TIR =	83.17%
PRI =	1.18 años
ID =	3.70

Los indicadores financieros presentados revelan un panorama prometedor para la inversión en tecnología para la cosecha mecanizada de caña de azúcar. Con un Valor Actual Neto (VAN) de

\$79,771, esto indica que el proyecto generará un valor neto positivo en términos de dólares actuales después de tomar en cuenta el costo del capital (conocido como tasa de corte de 8%).

La Tasa Interna de Retorno (TIR) de 83.17% es alta, indicando que se espera que la inversión genere un rendimiento sustancialmente mayor que el costo del capital.

El Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) de 1.18 años es corto, lo que significa que la inversión inicial se recuperará rápidamente a través de los ahorros generados.

Finalmente, el Índice de Desarrollo (ID) de 3.70 muestra que los beneficios del proyecto son mayores que los costos en términos presentes. Este es un indicativo de que el proyecto es altamente rentable.

En resumen, estos indicadores financieros sugieren que la implementación de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar es una inversión muy rentable y beneficiosa, que genera ahorros significativos, un retorno rápido de la inversión y un rendimiento superior al costo del capital.

La misma metodología empleada anteriormente se replicó para analizar los otros niveles de capacitación: intermedio y avanzado. Manteniendo los mismos parámetros y variables de evaluación (como el costo por hora, el precio del galón de diésel, la tasa de inflación, entre otros), se calculó el ahorro de costos y los indicadores financieros para cada nivel de capacitación.

Se anticipó que, conforme aumenta el nivel de capacitación de los operadores de la cosechadora, el ahorro de costos y la rentabilidad de la inversión también aumentaría. Esto se debe a la suposición de que los operadores con mayor capacitación podrían aprovechar de manera más eficiente y efectiva la tecnología implementada en las cosechadoras, resultando en una mayor productividad y eficiencia en el consumo de combustible.

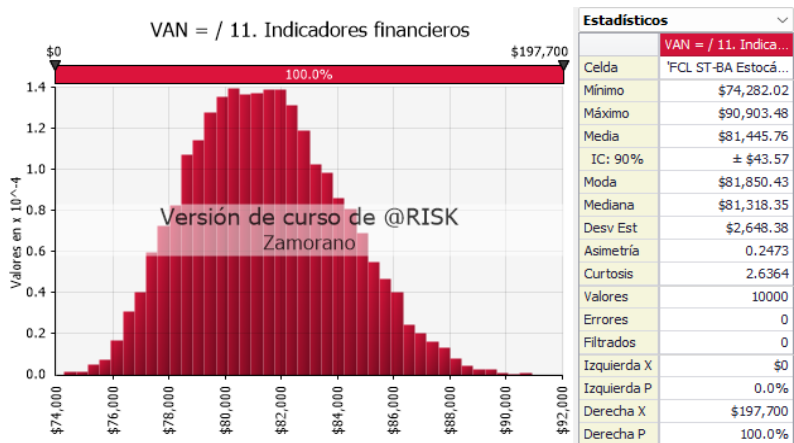
Por lo tanto, se podría esperar que los ahorros y los indicadores financieros mejoraran aún más en los escenarios con niveles de capacitación intermedio y avanzado en comparación con el nivel básico. Esto subraya la importancia no solo de invertir en tecnología, sino también de asegurar que los operadores estén adecuadamente capacitados para utilizarla de la manera más eficiente posible.

**Análisis Estocástico**

**Valor Actual Neto.**

**Figura 1**

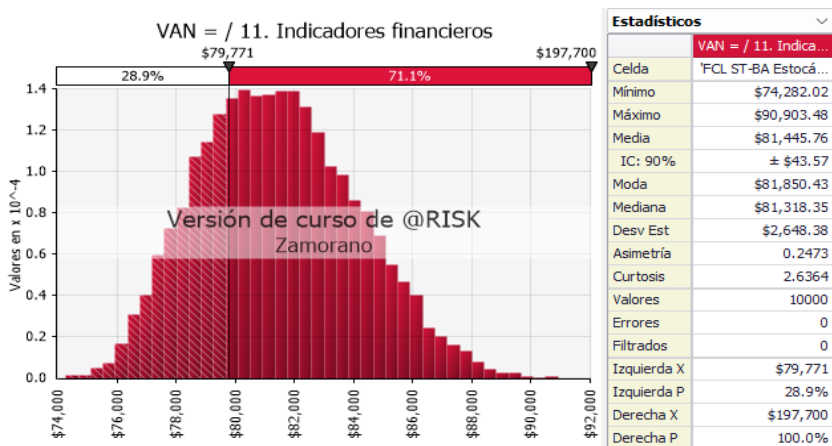
*Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación básico con programa @RISK.*



La figura 1 presenta una visualización de la distribución de probabilidad para el Valor Actual Neto (VAN), asumiendo una tasa de descuento del 8%. Los resultados muestran que existe una probabilidad del 100% de que el VAN sea superior a \$0. Esto indica que, independientemente de las variaciones de las variables de entrada, siempre se puede esperar un rendimiento positivo de la inversión al implementar el paquete tecnológico. Esta robustez en la rentabilidad refuerza la justificación económica para la adopción de esta tecnología en el escenario analizado.

**Figura 2**

*Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación básico con programa @RISK.*

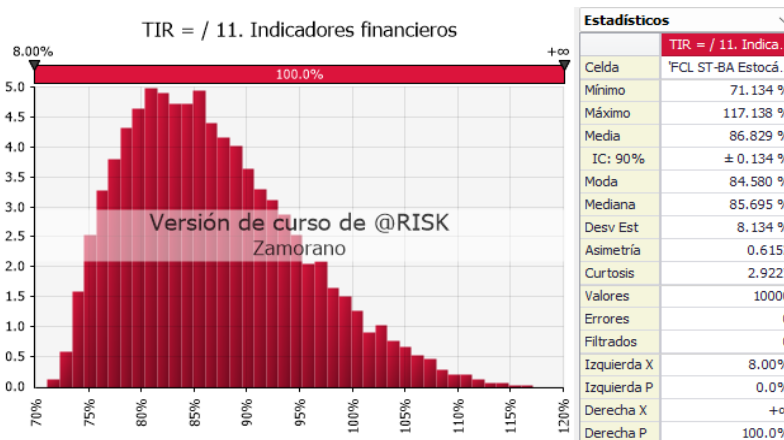


En la figura 2 se muestra la probabilidad de que el VAN tasa de descuento (8%) con un 71.1% sea mayor a \$79,771 el cual fue calculado en el modelo determinístico. Se mostró que también existe la probabilidad de que el VAN tasa de descuento (8%) sea menor a \$79,771 con un porcentaje de 28.9%.

### Tasa Interna de Retorno.

**Figura 3**

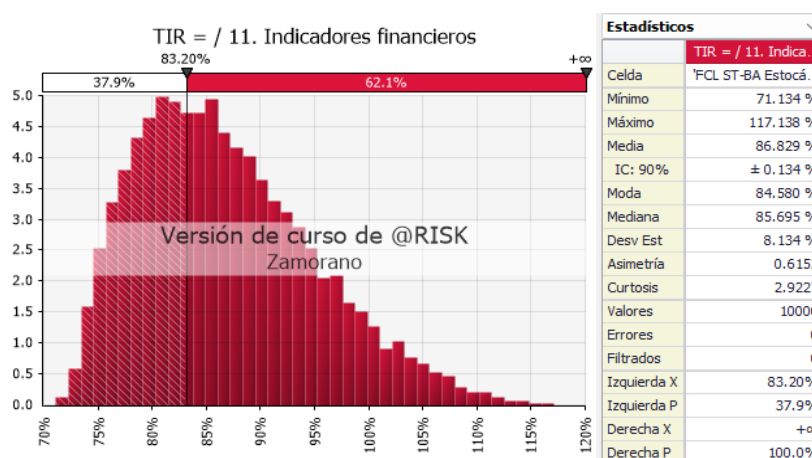
*Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación básico con programa @RISK.*



La figura 3 presenta un análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR) en comparación con la tasa de descuento establecida (8%). Se evidencia una probabilidad del 100% de que la TIR supere la tasa de descuento. Este resultado indica que el proyecto presenta una probabilidad del 100% de generar un rendimiento sobre la inversión que excede el costo de capital, lo cual implica una recomendación incondicional para su implementación basada en la viabilidad financiera

Figura 4

Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación básico con programa @RISK.



La figura 4 proporciona un análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR) en comparación con el valor determinado en el análisis determinístico (83.20%). Los resultados revelan que existe una probabilidad del 62.1% de que la TIR supere este valor, lo que indica una favorable perspectiva de rendimiento de la inversión. Sin embargo, también se identifica un riesgo del 37.9% de que la TIR sea inferior a este valor. Estos resultados subrayan la importancia de considerar la incertidumbre y el riesgo inherentes al proyecto.

## Escenario 2: Comparación Financiera Entre Cosechadora sin Tecnología Contra Cosechadora con Tecnología con un Nivel de Capacitación Intermedia del Operador en Modalidad Leasing

### Análisis Determinístico

#### Cuadro 13

Variables en escenario de nivel de capacitación intermedio.

Variables	
Cosechadora actual sin tecnología (horas)	2,590
Ahorro previsto en el consumo (horas)	212
Tarifa (\$/hora)	120
Horas por contrato al año	2,500
Ahorro en combustible (Galones)	2,079
Diferencia de consumo de combustible entre la cosechadora con tecnología en comparación a la cosechadora sin tecnología (galones/hora)	0.8
Total ahorro de combustible por diferencia (Galones)	1,902
Total combustible ahorrado (Galones)	3,981
Precio del galón de diesel (\$/galón)	3.41
Años de vida útil	5
Costo de los recursos propios	8%

Variables	
Inflación	6.5%
Inversión en paquete tecnológico (\$)	23,500
Costos en capacitación anual por cosechadora (\$)	3250
Pago en retención de operadores anual por cosechadora (\$)	9000

Este escenario de nivel de capacitación intermedio demuestra una mayor eficiencia en comparación con el nivel básico. Las variables que muestran una variación significativa son el ahorro previsto en el consumo de horas y el total de combustible ahorrado, que destacan el impacto positivo del nivel intermedio de capacitación de los operadores.

El ahorro previsto en el consumo de horas se eleva a 212 horas, lo que refleja la habilidad de los operadores con capacitación intermedia para completar las mismas tareas en menos tiempo que aquellos con un nivel básico. El total de combustible ahorrado también aumenta, alcanzando un total de 3,981 galones. Esto evidencia la eficiencia adicional obtenida al usar la tecnología de la cosechadora y tener operadores capacitados a un nivel intermedio.

Además, se mantiene constante el precio del galón de diésel, los años de vida útil de la máquina, el costo de los recursos propios y la tasa de inflación, en comparación con el escenario básico. Estas asunciones permiten centrar el análisis en los cambios en la eficiencia derivados de los diferentes niveles de capacitación. En resumen, este escenario sugiere que una inversión en capacitación a nivel intermedio para los operadores puede resultar en ahorros significativos en tiempo y combustible, mejorando aún más la rentabilidad de las operaciones de cosecha.

#### Cuadro 14

*Determinación de ahorro económico en el escenario de nivel de capacitación intermedio.*

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cosechadora sin tecnología (Horas/año)		2,590	2,590	2,590	2,590	2,590
Cosechadora con tecnología con nivel de capacitación intermedio (Horas/año)		2,377	2,377	2,377	2,377	2,377
Ahorro con Cosechadora con Tecnología nivel básico (Horas)		212	212	212	212	212
Costo (\$/hora)		\$120.00	\$120.00	\$120.00	\$120.00	\$120.00
Año de operación		1	1	1	1	1
Ahorro de horas por año (\$/año)		\$25,461	\$25,461	\$25,461	\$25,461	\$25,461

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro en galones de combustible Diesel (Galones)		3,981	3,981	3,981	3,981	3,981
Precio del galón de Diesel (\$/Galón)		\$3.41	\$3.63	\$3.87	\$4.12	\$4.39
Ingreso por ahorro de Diesel (\$/año)		\$13,5	\$14,4	\$15,3	\$16,3	\$17,4
		76	59	98	99	65
Total ahorros		\$39,0	\$39,9	\$40,8	\$41,8	\$42,9
		37	19	59	60	26

En esta tabla se muestra el cálculo de ahorro para el escenario con operadores de nivel de capacitación intermedio utilizando la tecnología en la cosechadora. En este caso, la cantidad de horas ahorradas por año asciende a 212 horas, un incremento notable en comparación con el escenario básico. Este ahorro en horas se traduce en un beneficio económico que incrementa de \$25,461 el cual se mantiene constante por la tarifa fija.

Además, el ahorro en galones de combustible Diesel es de 3,981 galones por año, lo que representa un incremento sustancial en comparación con el escenario de operadores de nivel de capacitación básico. Este ahorro se traduce en un ingreso anual que oscila entre \$13,576 en el primer año hasta \$17,465 en el quinto año, asumiendo el incremento en el precio del galón de Diesel conforme a la tasa de inflación.

Al sumar estos dos ahorros (el de las horas y el del combustible Diesel) se puede observar que el beneficio total anual aumenta de \$39,037 en el primer año a \$42,926 en el quinto año.

Estos datos reflejan la rentabilidad y eficiencia aumentadas cuando se utiliza la tecnología en la cosechadora y se capacita a los operadores a un nivel intermedio. Aunque la inversión en formación y tecnología pueda ser considerable, los resultados muestran que se puede obtener un retorno significativo en términos de ahorro de tiempo y de combustible, que se traduce en ahorros económicos considerables a lo largo de los años.

Es importante destacar que, a pesar de que los costos de capacitación son más elevados y se requiere un desembolso adicional para retener a estos operadores especializados, evitando así su migración a otros ingenios, estas inversiones se recuperan y se reflejan en los ahorros generados por la eficiencia. El incremento en los costos iniciales se compensa con el rendimiento superior y los

ahorros en operaciones logrados a través del aumento en la eficiencia, demostrando que estas inversiones son beneficiosas en el largo plazo.

### **Cuadro 15**

*Indicadores financieros del escenario nivel de capacitación intermedio.*

Indicadores financieros	
VAN =	\$84,175
TIR =	77.38%
PRI =	1.28 años
ID =	3.53

Los indicadores financieros presentados para el escenario de operadores con nivel de capacitación intermedio muestran una mejora en comparación con el escenario de operadores con nivel de capacitación básico.

El Valor Actual Neto (VAN) aumenta a \$84,175, demostrando un incremento en la rentabilidad del proyecto con un nivel de capacitación intermedio.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 77.38%, un valor que confirma la alta rentabilidad del con este nivel de capacitación.

El Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) es de 1.28 años. Esto significa que, a pesar de los cambios en la capacitación y la eficiencia de la cosechadora, la recuperación de la inversión se mantiene corta.

Finalmente, el Índice de Rentabilidad (ID) es de 3.53, señalando que cada dólar invertido sigue generando un retorno de 3.53 dólares.

A pesar de que algunos indicadores sean inferiores a los observados en el escenario de nivel de capacitación Básico, siguen siendo considerados positivos. Esto se debe a que los operadores se encuentran a un pequeño paso de ascender al nivel Avanzado. Por lo tanto, cualquier inversión en su desarrollo y capacitación adicional tiene el potencial de rendir beneficios significativos, a medida que los operadores transitan hacia un nivel de eficiencia superior.

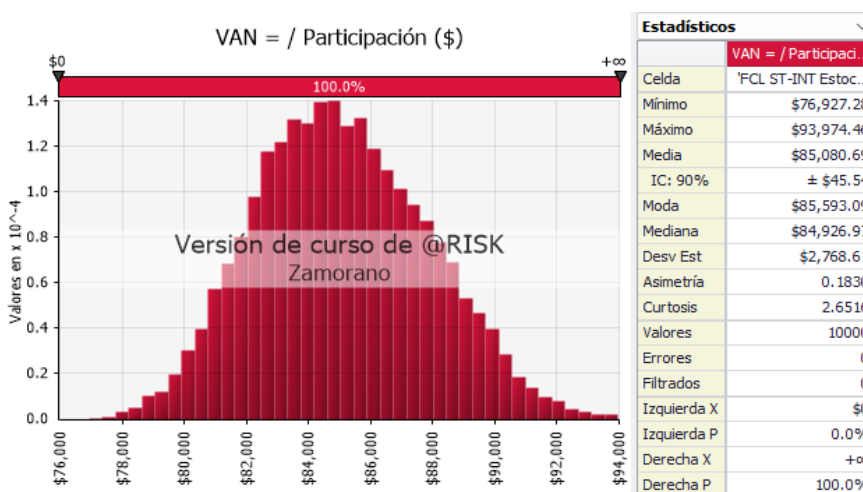
Estos indicadores financieros consolidan la visión de que el incremento en el nivel de capacitación de los operadores, combinado con el uso de tecnología en las cosechadoras, mejora la rentabilidad y eficiencia del proceso de cosecha.

**Análisis Estocástico**

**Valor Actual Neto.**

**Figura 5**

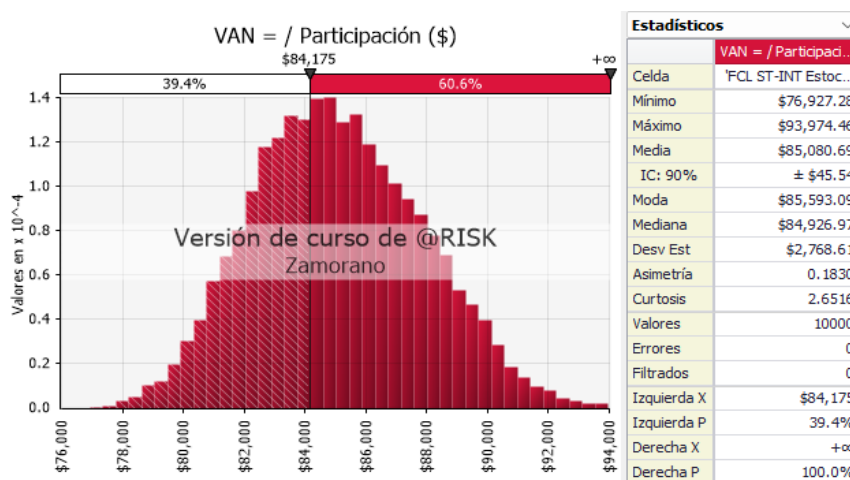
*Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación intermedio con programa @RISK.*



La figura 5 presenta una visualización de la distribución de probabilidad para el Valor Actual Neto (VAN), usando una tasa de descuento del 8%. Los resultados muestran que existe una probabilidad del 100% de que el VAN sea superior a \$0. Esto simplemente señala que, sin importar los cambios en los factores de entrada, la adopción del paquete tecnológico siempre ofrece beneficios. Esta constante rentabilidad respalda aún más la decisión económica de implementar esta tecnología en el escenario de nivel de capacitación Intermedio.

Figura 6

Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación intermedio con programa @RISK.

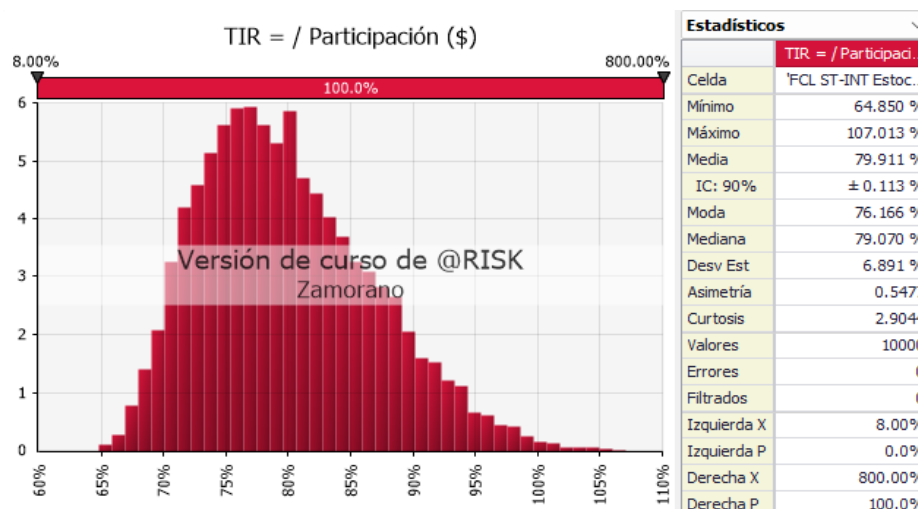


En la figura 6 se muestra la probabilidad de que el VAN tasa de descuento (8%) con un 60.6% sea mayor a \$84,175 el cual fue calculado en el modelo determinístico. Se mostró que también existe la probabilidad de que el VAN tasa de descuento (8%) sea menor a \$84,175 con un porcentaje de 39.4%.

#### Tasa Interna de Retorno.

Figura 7

Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación intermedio con programa @RISK.

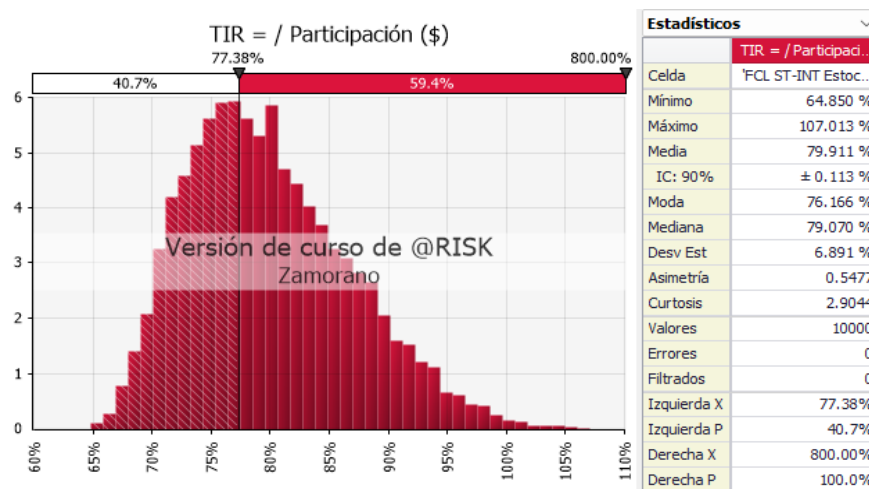


La figura 7 presenta un análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR) en comparación con la tasa de descuento establecida (8%). Se evidencia una probabilidad del 100% de que la TIR supere la tasa

de descuento. Este hallazgo demuestra que el proyecto tiene una certeza del 100% de ofrecer un retorno de inversión que supera los costos de capital. Esto sugiere una recomendación decidida de implementarlo, fundamentada en su factibilidad financiera. Esto confirma la factibilidad financiera del proyecto y proporciona una base sólida para tomar la decisión de invertir en la implementación de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar.

### Figura 8

*Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación intermedio con programa @RISK.*



La figura 8 muestra un análisis comparativo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) frente al valor obtenido en el análisis determinístico (77.38%). Los datos señalan que hay un 59.4% de posibilidades de que la TIR supere este valor, lo cual implica una perspectiva positiva de rentabilidad. Sin embargo, también se presenta un riesgo del 40.7% de que la TIR sea menor al valor determinado, destacando así la relevancia de tener en cuenta la incertidumbre y los riesgos asociados al proyecto. Este resultado enfatiza la importancia de realizar un análisis más profundo y considerar la incertidumbre en la toma de decisiones relacionadas con la implementación de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar.

**Escenario 3. Comparación Financiera Entre Cosechadora sin Tecnología Contra Cosechadora con Tecnología con un Nivel de Capacitación Avanzada del Operador en Modalidad Leasing**

**Análisis Determinístico**

**Cuadro 16**

*Variables en escenario de nivel de capacitación avanzado.*

Variables	
Cosechadora actual sin tecnología (horas)	2,590
Ahorro previsto en el consumo (horas)	556
Tarifa (\$/hora)	120
Horas por contrato al año	2,500
Ahorro en combustible (Galones)	5,452
Diferencia de consumo de combustible entre la cosechadora con tecnología en comparación a la cosechadora sin tecnología (galones)	0.8
Total ahorro de combustible por diferencia (Galones)	1,627
Total combustible ahorrado (Galones)	7,078
Precio del galón de diesel (\$/galón)	3.41
Años de vida útil	5
Costo de los recursos propios	8%
Inflación	6.5%
Inversión en paquete tecnológico (\$)	23,500
Costos en capacitación anual por cosechadora (\$)	4000
Pago en retención de operadores anual por cosechadora (\$)	9000

En este escenario, que implica un nivel de capacitación avanzado, se evidencian cambios notables en las variables en comparación con los escenarios anteriores. El ahorro previsto en el consumo de horas aumenta significativamente a 556 horas, lo cual se reflejará directamente en un ahorro económico considerable debido a la tarifa establecida de \$120.00 por hora.

Además, el ahorro en combustible crece exponencialmente a 5,452 galones, lo cual, sumado a la diferencia de consumo de combustible entre la cosechadora con tecnología en comparación a la cosechadora sin tecnología (1,627 galones), da como resultado un total de 7,078 galones de combustible ahorrado.

Esto, teniendo en cuenta el precio del galón de Diesel de \$3.41, representa una disminución considerable en los costos de operación de la cosechadora, y, por ende, aumenta la rentabilidad del proyecto.

Una vez más, se mantiene constante la vida útil de 5 años, así como el costo de los recursos propios del 8% y una tasa de inflación del 6.5%. Es importante resaltar cómo estos factores influyen en los indicadores financieros y en la rentabilidad general del proyecto.

El análisis de este escenario de nivel de capacitación avanzado nos lleva a anticipar mejoras sustanciales en términos de eficiencia operacional y rentabilidad. Estos resultados respaldan aún más la decisión de implementar la tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar, especialmente cuando los operadores cuentan con un nivel avanzado de capacitación.

### Cuadro 17

*Determinación de ahorro económico en el escenario de nivel de capacitación avanzado.*

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cosechadora sin tecnología (Horas/año)		2,590	2,590	2,590	2,590	2,590
Cosechadora con tecnología nivel avanzado (Horas/año)		2,033	2,033	2,033	2,033	2,033
Ahorro con Cosechadora con Tecnología con capacitación nivel avanzado (Horas)		556	556	556	556	556
Costo (\$/hora)		\$120.00	\$120.00	\$120.00	\$120.00	\$120.00
Año de operación		1	1	1	1	1
Ahorro de horas por año (\$/año)		\$66,757	\$66,757	\$66,757	\$66,757	\$66,757
Ahorro en galones de combustible Diesel (Galones)		7,078	7,078	7,078	7,078	7,078
Precio del galón de Diesel (\$/Galón)		\$3.41	\$3.63	\$3.87	\$4.12	\$4.39
Ingreso por ahorro de Diesel (\$/año)		\$24,138	\$25,707	\$27,377	\$29,157	\$31,052
Total ahorros		\$90,895	\$92,464	\$94,135	\$95,914	\$97,810

El cuadro 17, refleja los ahorros generados en un escenario donde se utiliza una cosechadora con un operador de nivel de capacitación avanzado en la tecnología. Durante cada uno de los cinco años, vemos que se espera que la cosechadora con tecnología trabaje 556 horas menos que la cosechadora sin tecnología. Esto resulta en un ahorro significativo de \$66,757 que se mantiene constante por la tarifa fija.

En cuanto al ahorro de combustible diésel, la cosechadora con tecnología utiliza 7,078 galones menos de combustible cada año en comparación con la sin tecnología. Nuevamente, debido al

incremento en el precio del Diesel por la inflación, el ahorro económico es mayor cada año, comenzando en \$24,138 en el primer año y alcanzando los \$31,052 en el quinto año.

Cuando se suman estos ahorros, se obtiene una idea del impacto financiero total del uso de la tecnología en la cosechadora con un nivel de capacitación avanzado. En el primer año, el ahorro total es de \$90,895 y para el quinto año, este monto ha aumentado a \$97,810.

Estos números indican que, a pesar de los costos iniciales y de capacitación asociados con la implementación de la tecnología, la inversión puede ser muy rentable a largo plazo debido a los ahorros significativos en horas de trabajo y consumo de combustible, demostrando el impacto económico positivo que la tecnología puede tener en la cosecha mecanizada de caña de azúcar cuando se cuenta con operadores altamente capacitados.

### **Cuadro 18**

*Indicadores financieros del escenario nivel de capacitación avanzado.*

Indicadores financieros	
VAN =	\$290,549
TIR =	181.69%
PRI =	0.55 años
ID =	7.81

Los indicadores financieros presentados para el escenario de operadores con nivel de capacitación avanzado muestran una mejora en comparación con los escenarios anteriores.

El VAN de \$290,549 indica un rendimiento significativamente alto sobre la inversión, lo que es muy prometedor.

La TIR del 181.69% es mucho mayor a los escenarios anteriores, lo que significa que el rendimiento esperado es increíblemente alto.

El PRI es de 0.55 años, lo cual es el menor de todos los escenarios, lo que indica una rápida recuperación de la inversión inicial.

El ID de 7.81 muestra que el retorno esperado por cada dólar invertido es mayor.

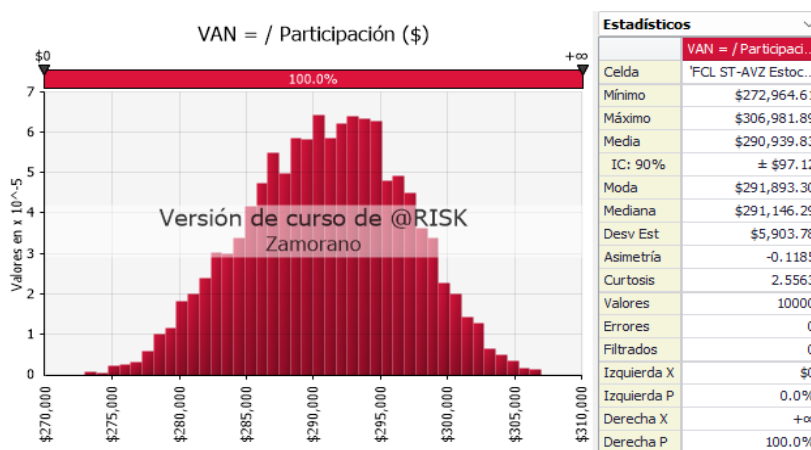
En resumen, los indicadores financieros muestran que el escenario de capacitación avanzada resulta en los ahorros y rendimientos más altos. Esto significa que invertir en una formación más avanzada para la utilización de la cosechadora con tecnología ofrece los mayores beneficios financieros.

**Análisis Estocástico**

**Valor Actual Neto.**

**Figura 9**

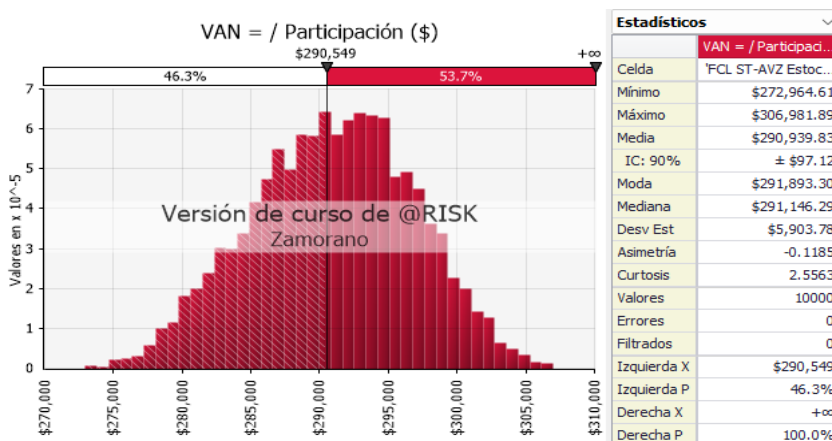
*Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación avanzado con programa @RISK.*



La figura 9 presenta una visualización de la distribución de probabilidad para el Valor Actual Neto (VAN), asumiendo una tasa de descuento del 8%. Los resultados muestran que existe una probabilidad del 100% de que el VAN sea superior a \$0.

**Figura 10**

*Análisis estocástico del VAN para el nivel de capacitación avanzado con programa @RISK.*

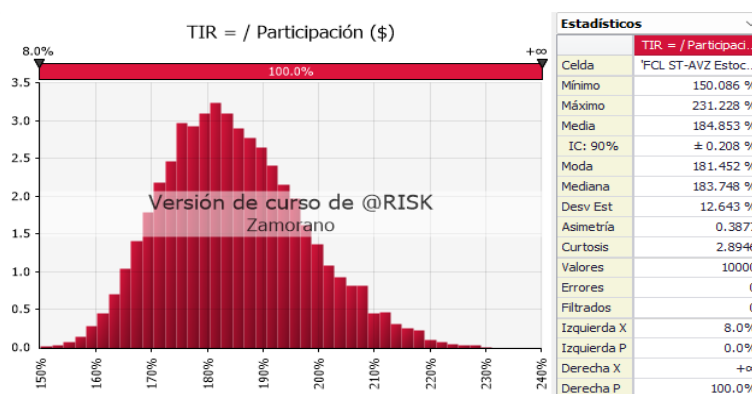


En la figura 10 se muestra la probabilidad de que el VAN tasa de descuento (8%) con un 53.7% sea mayor a \$290,549 el cual fue calculado en el modelo determinístico. Se mostró que también existe la probabilidad de que el VAN tasa de descuento (8%) sea menor a \$290,549 con un porcentaje de 46.3%.

**Tasa Interna de Retorno.**

**Figura 11**

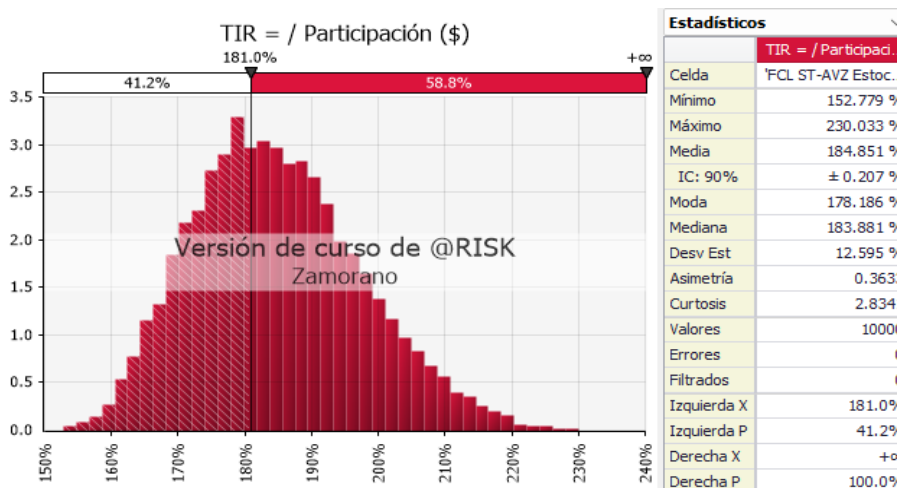
*Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación avanzado con programa @RISK.*



La figura 11 presenta un análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR) en comparación con la tasa de descuento establecida (8%). Se evidencia una probabilidad del 100% de que la TIR supere la tasa de descuento. Este hallazgo demuestra que el proyecto tiene una certeza del 100% de ofrecer un retorno de inversión que supera los costos de capital.

Figura 12

Análisis estocástico de la TIR para el nivel de capacitación avanzado con programa @RISK.



La figura 12 muestra un análisis comparativo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) frente al valor obtenido en el análisis determinístico (181%). Los datos señalan que hay un 58.9% de posibilidades de que la TIR supere este valor, lo cual implica una perspectiva positiva de rentabilidad. Sin embargo, también se presenta un riesgo del 41.2% de que la TIR sea menor al valor determinado, destacando así la relevancia de tener en cuenta la incertidumbre y los riesgos asociados al proyecto.

## Conclusiones

La implementación de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar en Ingenio Magdalena muestra una clara viabilidad financiera y productiva en comparación con el método de cosecha convencional sin tecnología. Los resultados obtenidos demuestran que el uso de tecnología en combinación con diferentes niveles de capacitación del operador genera ahorros significativos en tiempo de trabajo y consumo de combustible, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa y una mejora en la rentabilidad del proyecto.

La comparación entre el método de cosecha mecanizada sin tecnología y la cosecha mecanizada con tecnología de caña de azúcar en Ingenio Magdalena revela diferencias significativas en términos de productividad y costos. La implementación de tecnología en la cosecha mecanizada permite un ahorro considerable de tiempo de trabajo y consumo de combustible, lo que aumenta la productividad y reduce los costos operativos. Estos resultados respaldan la superioridad de la tecnología en la mejora de la eficiencia y la rentabilidad en la cosecha de caña de azúcar.

La implementación de tecnología en la cosecha mecanizada de caña de azúcar tiene un impacto significativo en los usuarios que poseen la maquinaria. La capacitación de los operadores en diferentes niveles, desde básico hasta avanzado, muestra mejoras sustanciales en la eficiencia operativa y en los ahorros económicos generados. La inversión en capacitación y tecnología se traduce en una mayor productividad, reducción de costos y rentabilidad para los usuarios, destacando la importancia de contar con operadores capacitados y tecnología adecuada para maximizar los beneficios en la cosecha mecanizada. Siendo el nivel de capacitación avanzado el que muestra mejores resultados tanto económicos como productivos.

El análisis financiero de cada escenario muestra datos positivos sobre la rentabilidad de la implementación de tecnología. El mejor escenario es con operadores capacitados a nivel avanzado ya que demuestra la mayor rentabilidad y retorno de inversión más corto. Con un Valor Actual Neto (VAN) de \$290,549 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 181.69%, se confirma que la implementación de tecnología en este nivel de capacitación resulta en ahorros significativos y mejora

la eficiencia operativa, por lo que la adquisición de tecnología y la capacitación en cualquier nivel para la cosecha mecanizada de caña de azúcar son altamente rentables y viables en términos financieros, siendo el nivel de capacitación avanzado el que proporciona mejores resultados.

## Recomendaciones

Es importante realizar una adecuación de los campos de cultivo para garantizar que las cosechadoras trabajen de manera eficiente. Esto implica el mantenimiento adecuado de los caminos de acceso, la eliminación de obstáculos y la planificación eficiente de las rutas de cosecha.

Es fundamental invertir en la capacitación adecuada de los operadores de las cosechadoras. A medida que se implementa tecnología, es necesario proporcionar a los operadores las habilidades y conocimientos necesarios para aprovechar al máximo el potencial de la maquinaria. Esto puede incluir programas de capacitación continua, actualizaciones tecnológicas y certificaciones de competencia.

Para garantizar un rendimiento óptimo de las cosechadoras, es esencial llevar a cabo un mantenimiento y servicio regular. Esto incluye revisiones periódicas, lubricación, ajustes y reparaciones necesarias. Un programa de mantenimiento adecuado ayudará a prolongar la vida útil de las máquinas y garantizar su eficiencia operativa.

Se recomienda establecer un sistema de monitoreo y evaluación continua para seguir de cerca el desempeño de las cosechadoras y los operadores. Esto permitirá identificar oportunidades de mejora, corregir posibles problemas y optimizar la productividad. Los datos recopilados durante el monitoreo pueden utilizarse para realizar ajustes y tomar decisiones informadas.

A medida que avanza la tecnología, es importante mantenerse actualizado sobre las últimas innovaciones en el campo de la cosecha mecanizada. Evaluar constantemente nuevas tecnologías y prácticas puede proporcionar oportunidades para mejorar la eficiencia, reducir costos y maximizar los beneficios.

Es beneficioso fomentar la colaboración y el intercambio de conocimientos entre los ingenios azucareros. Compartir experiencias, mejores prácticas y lecciones aprendidas puede ayudar a impulsar la adopción de tecnología y la capacitación de operadores en toda la industria, beneficiando a todos los actores involucrados.

Al seguir estas recomendaciones generales, los ingenios azucareros de Guatemala pueden mejorar la eficiencia, productividad y rentabilidad de la cosecha mecanizada de caña de azúcar, aprovechando al máximo la tecnología y el potencial de sus operadores capacitados

## Referencias

- Azúcar de Guatemala. (2019). *Azúcar de Guatemala adopta política para proteger el ambiente*. Azúcar de Guatemala. <https://www.azucar.com.gt/2019/06/05/azucareros-adoptan-politica-para-proteger-el-ambiente/>
- Banco de Guatemala. (2023a). *Inflación Total: Ritmo Inflacionario Años 1996-2023 Porcentajes*. <https://www.banguat.gob.gt/es/page/inflacion-total>
- Banco de Guatemala. (2023b). *Tipo de Cambio - Banco de Guatemala*. [https://www.banguat.gob.gt/tipo\\_cambio/TipoCambio/Historico](https://www.banguat.gob.gt/tipo_cambio/TipoCambio/Historico)
- CASE IH. (2020). *Somos CASE IH | We are CASE IH*. Case Agriculture a brand of CNH Industrial. <https://www.weare-caseih.com/es/somos-case-ih/>
- (2016). *Sector Azucarero*. Superintendencia de Bancos. [https://www.sib.gob.gt/c/document\\_library/get\\_file?folderId=3789510&name=DLFE-26739.pdf](https://www.sib.gob.gt/c/document_library/get_file?folderId=3789510&name=DLFE-26739.pdf)
- Gobierno de Guatemala. (2023). *Históricos precios nacionales – MEM*. <https://mem.gob.gt/historico-precios-nacionales/>
- Salvatierra, C. (2009). *Guatemala: los amargos impactos de la caña de azúcar*. SAVIA -Escuela de Pensamiento Ecologista-Guatemala. <https://www.wrm.org.uy/fr/articles-du-bulletin/guatemala-los-amargos-impactos-de-la-cana-de-azucar>
- Sugar for Good. (2017). *Historia*. Sugar for Good. <https://sugarforgood.com/conocenos/?lang=es#historia>

## Anexos

## Anexo A

*Flujo de caja del escenario con tecnología y nivel de capacitación básico.*

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
+ Ingreso por ventas		27,190	27,916	28,689	29,512	30,388
- Egresos deducibles de impuestos		0	0	0	0	0
Costos variables		0	0	0	0	0
Costos Fijos		0	0	0	0	0
Gastos financieros		0	0	0	0	0
- Gastos no desembolsables		0	0	0	0	0
Depreciación de activos		0	0	0	0	0
Amortización de pre-operativos		0	0	0	0	0
= Utilidad antes de impuestos		27,190	27,916	28,689	29,512	30,388
- Impuestos (30%)		0	0	0	0	0
= Utilidad después de impuestos		27,190	27,916	28,689	29,512	30,388
+ Gastos no desembolsables		0	0	0	0	0
Depreciación de activos		0	0	0	0	0
Amortización de pre-operativos		0	0	0	0	0
+ Ingresos no sujetos a impuestos	0	0	0	0	0	5,065
Valor de desecho						
Recuperación del capital de trabajo						5,065
Préstamo bancario	0					
- Egresos no deducibles de impuestos	29,532	2,371	2,379	2,387	2,396	750
Activos (5 años)	23,500					0
Gastos de puesta en marcha (pre-operativos)	1,500	2,250	2,250	2,250	2,250	750
Inversión en capital de trabajo	4,532	121	129	137	146	
Pago préstamo bancario		0	0	0	0	0
= Flujo de caja	-29,532	24,819	25,537	26,301	27,115	34,703
Flujo de caja acumulado	-29,532	-4,712	20,825	47,126	74,241	108,944

## Anexo B

*Flujo de caja del escenario con tecnología y nivel de capacitación intermedio.*

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
+ Ingreso por ventas		39,037	39,919	40,859	41,860	42,926
- Egresos deducibles de impuestos		0	0	0	0	0
Costos variables		0	0	0	0	0
Costos Fijos		0	0	0	0	0
Gastos financieros		0	0	0	0	0
- Gastos no desembolsables		0	0	0	0	0
Depreciación de activos		0	0	0	0	0
Amortización de pre-operativos		0	0	0	0	0
= Utilidad antes de impuestos		39,037	39,919	40,859	41,860	42,926
- Impuestos (30%)		0	0	0	0	0
= Utilidad después de impuestos		39,037	39,919	40,859	41,860	42,926
+ Gastos no desembolsables		0	0	0	0	0
Depreciación de activos		0	0	0	0	0
Amortización de pre-operativos		0	0	0	0	0
+ Ingresos no sujetos a impuestos	0	0	0	0	0	7,154
Valor de desecho						
<b>Recuperación del capital de trabajo</b>						7,154
Préstamo bancario	0					
- <b>Egresos no deducibles de impuestos</b>	33,256	13,147	13,157	13,167	13,178	9,750
Activos (10 años)	23,500					0
Gastos de puesta en marcha (pre-operativos)	3,250	13,000	13,000	13,000	13,000	9,750
Inversión en capital de trabajo	6,506	147	157	167	178	
<b>Pago préstamo bancario</b>		0	0	0	0	0
= Flujo de caja	-33,256	25,890	26,763	27,692	28,682	40,330
Flujo de caja acumulado	-33,256	-7,366	19,397	47,089	75,771	116,102

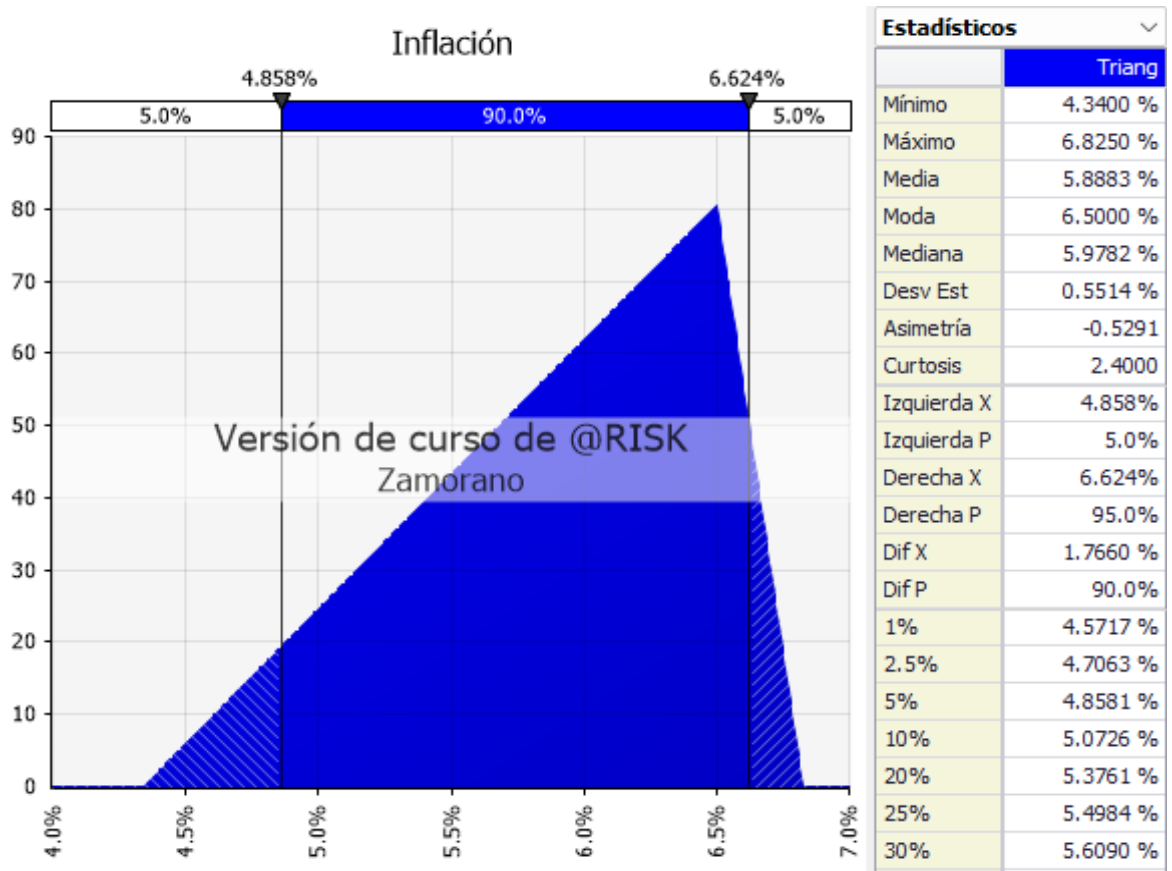
## Anexo C

*Flujo de caja del escenario con tecnología y nivel de capacitación avanzado.*

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
+ Ingreso por ventas		90,895	92,464	94,135	95,914	97,810
- Egresos deducibles de impuestos		0	0	0	0	0
Costos variables		0	0	0	0	0
Costos Fijos		0	0	0	0	0
Gastos financieros		0	0	0	0	0
- Gastos no desembolsables		0	0	0	0	0
Depreciación de activos		0	0	0	0	0
Amortización de pre-operativos		0	0	0	0	0
= Utilidad antes de impuestos		90,895	92,464	94,135	95,914	97,810
- Impuestos (30%)		0	0	0	0	0
= Utilidad después de impuestos		90,895	92,464	94,135	95,914	97,810
+ Gastos no desembolsables		0	0	0	0	0
Depreciación de activos		0	0	0	0	0
Amortización de pre-operativos		0	0	0	0	0
+ Ingresos no sujetos a impuestos	0	0	0	0	0	16,302
Valor de desecho						
Recuperación del capital de trabajo						16,302
Préstamo bancario	0					
- Egresos no deducibles de impuestos	42,649	14,011	14,028	14,047	14,066	9,750
Activos (10 años)	23,500					0
Gastos de puesta en marcha (pre-operativos)	4,000	13,750	13,750	13,750	13,750	9,750
Inversión en capital de trabajo	15,149	261	278	297	316	
Pago préstamo bancario		0	0	0	0	0
= Flujo de caja	-42,649	76,883	78,435	80,088	81,848	104,361
Flujo de caja acumulado	-42,649	34,234	112,670	192,758	274,606	378,968

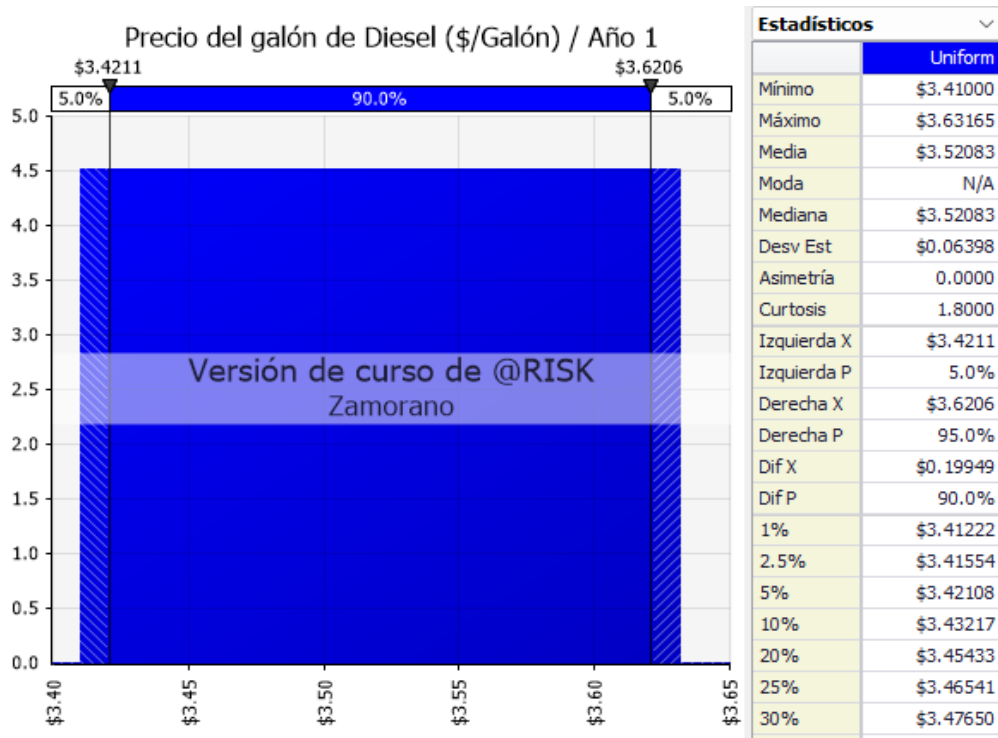
## Anexo D

Variable de entrada inflación en el programa @RISK para todos los escenarios.



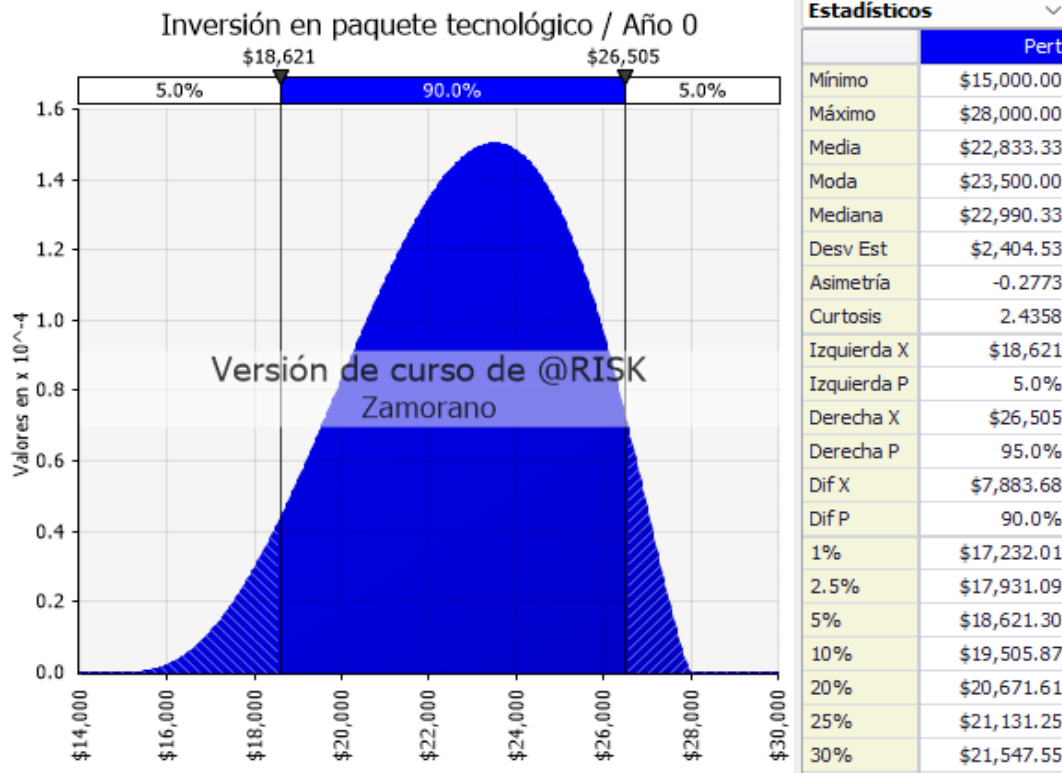
## Anexo E

Variable de entrada precio del galón de Diesel en el programa @RISK para todos los escenarios.



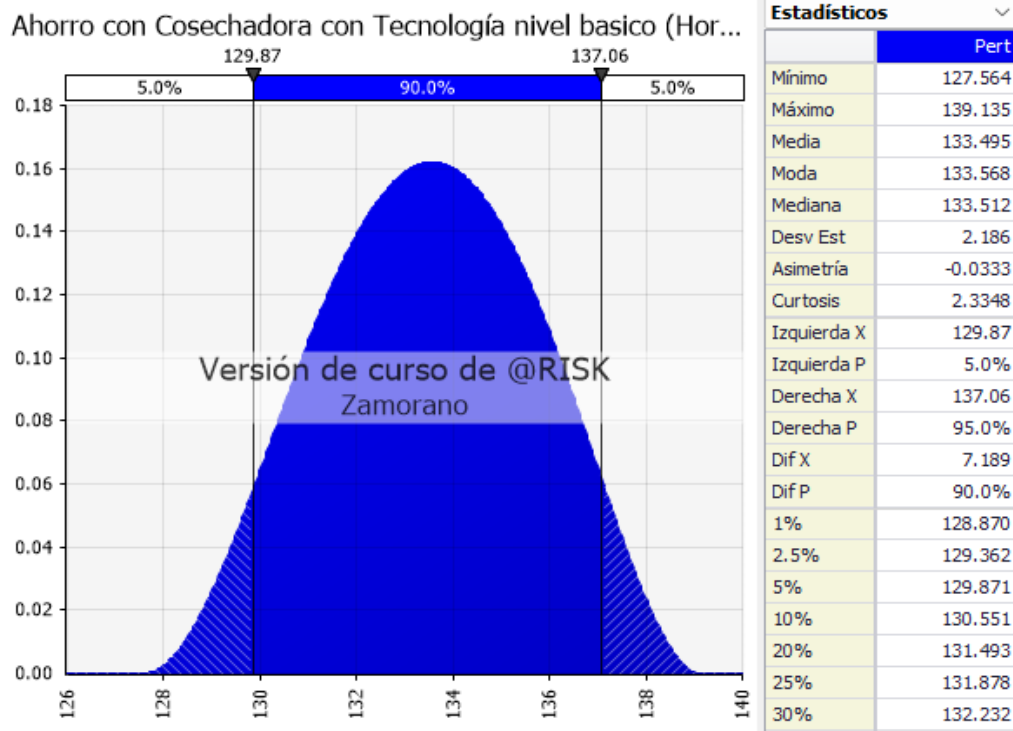
## Anexo F

Variable de entrada inversión en paquete tecnológico en el programa @RISK para todos los escenarios.



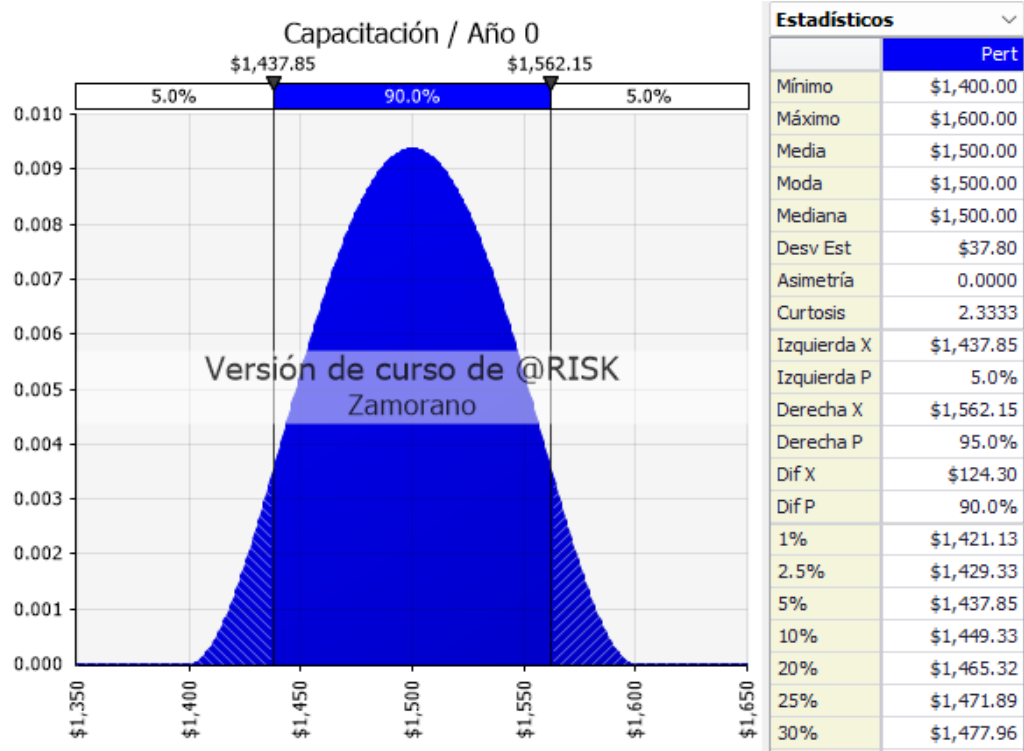
## Anexo G

Variable de entrada ahorro con cosechadora con tecnología y nivel de capacitación básico (horas) en el programa @RISK.



## Anexo H

Variable de entrada capacitación nivel básico en el programa @RISK.



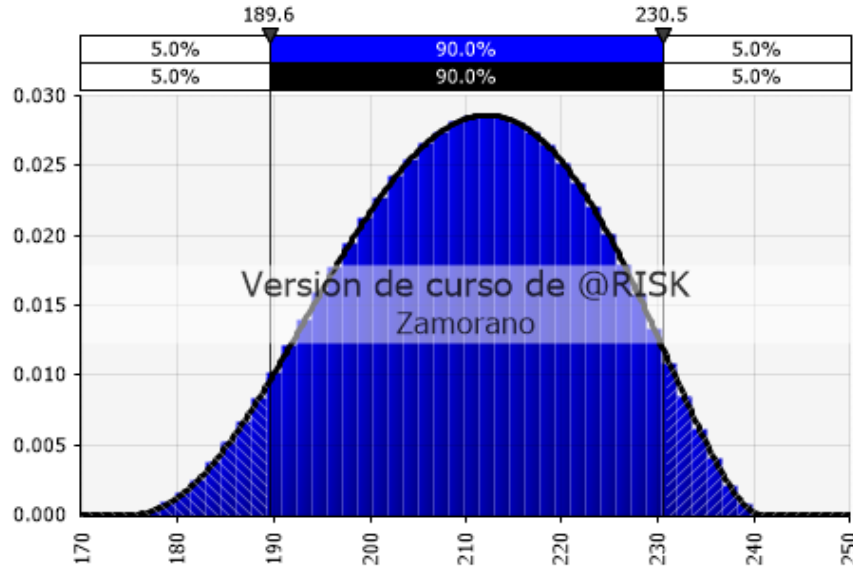
## Anexo I

Variable de entrada ahorro con cosechadora con tecnología y nivel de capacitación intermedio

(horas) en el programa @RISK.

Ahorro con Cosechadora con Tecnología nivel basico (Horas)...

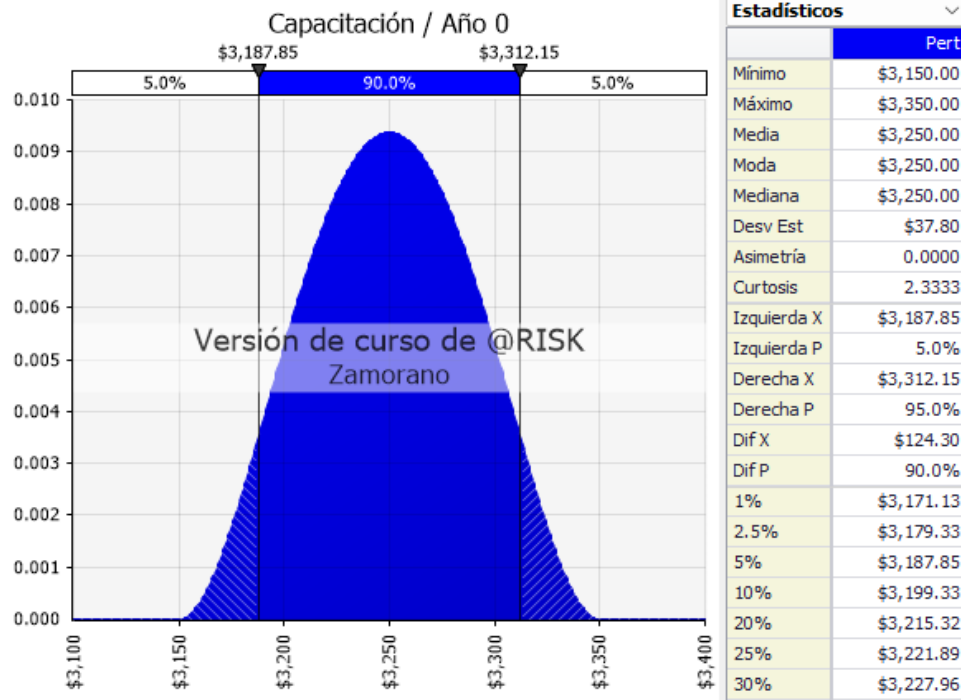
Comparación con RiskPert(174.6476131;212.186785;240.6987056)



Estadísticos		
	Ahorro con ...	RiskP
Celda	'FCL ST-INT...	'FCL S
Mínimo	176.608	
Máximo	239.892	
Media	210.682	
IC: 90%	± 0.204	
Moda	210.862	
Mediana	211.034	
Desv Est	12.431	
Asimetría	-0.1210	
Curtosis	2.3531	
Valores	10000	
Errores	0	
Filtrados	0	
Izquierda X	189.6	
Izquierda P	5.0%	
Derecha X	230.5	
Derecha P	95.0%	

## Anexo J

Variable de entrada capacitación nivel intermedio en el programa @RISK.



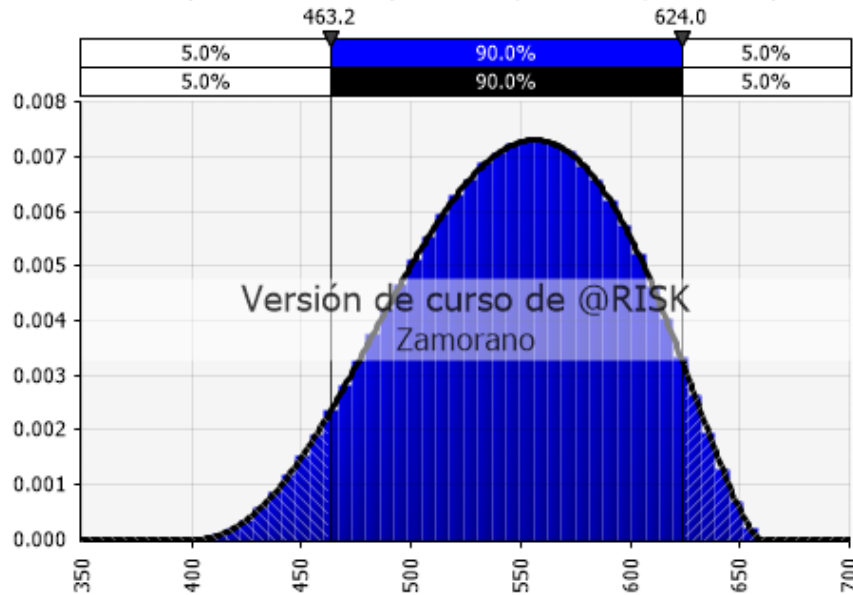
## Anexo K

Variable de entrada ahorro con cosechadora con tecnología y nivel de capacitación avanzado (horas)

en el programa @RISK.

### Ahorro con Cosechadora con Tecnología nivel basico (Horas)...

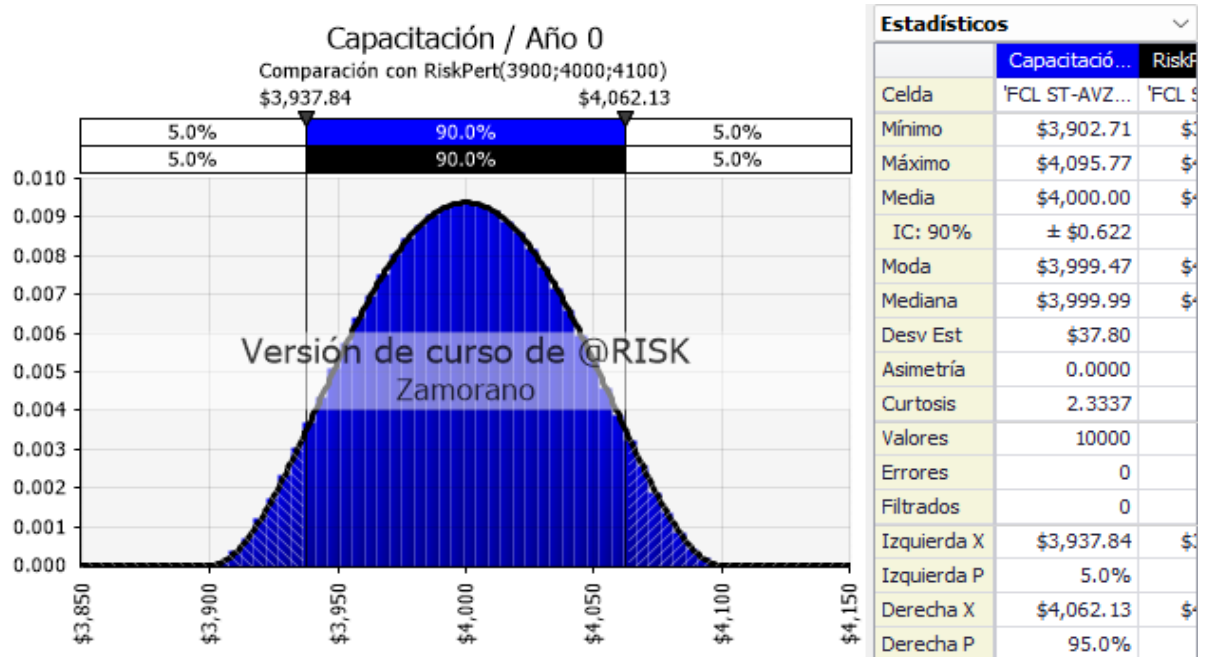
Comparación con RiskPert(398.3245147;556.3245844;659.9178578)



Estadísticos		
	Ahorro con ...	RiskP...
Celda	'FCL ST-AVZ...	'FCL S
Mínimo	402.74	
Máximo	657.99	
Media	547.26	
IC: 90%	± 0.805	
Moda	558.31	
Mediana	549.39	
Desv Est	48.96	
Asimetría	-0.1853	
Curtosis	2.3797	
Valores	10000	
Errores	0	
Filtrados	0	
Izquierda X	463.2	
Izquierda P	5.0%	
Derecha X	624.0	
Derecha P	95.0%	

## Anexo L

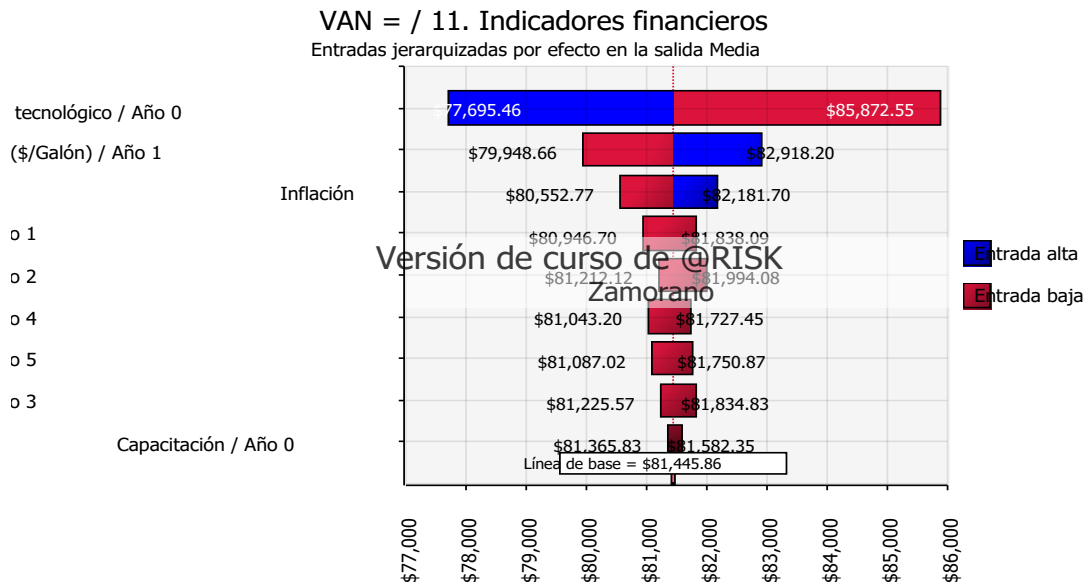
Variable de entrada capacitación nivel avanzado en el programa @RISK.



**Anexo M**

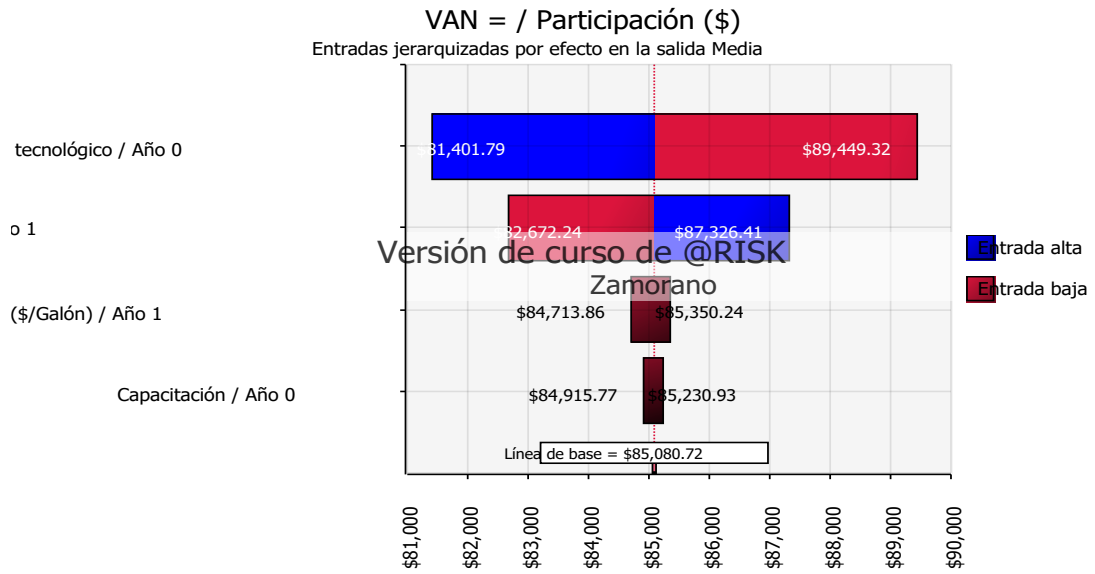
*Análisis de sensibilidad en el escenario con tecnología y nivel de capacitación básico en el programa*

**@RISK.**



Anexo N

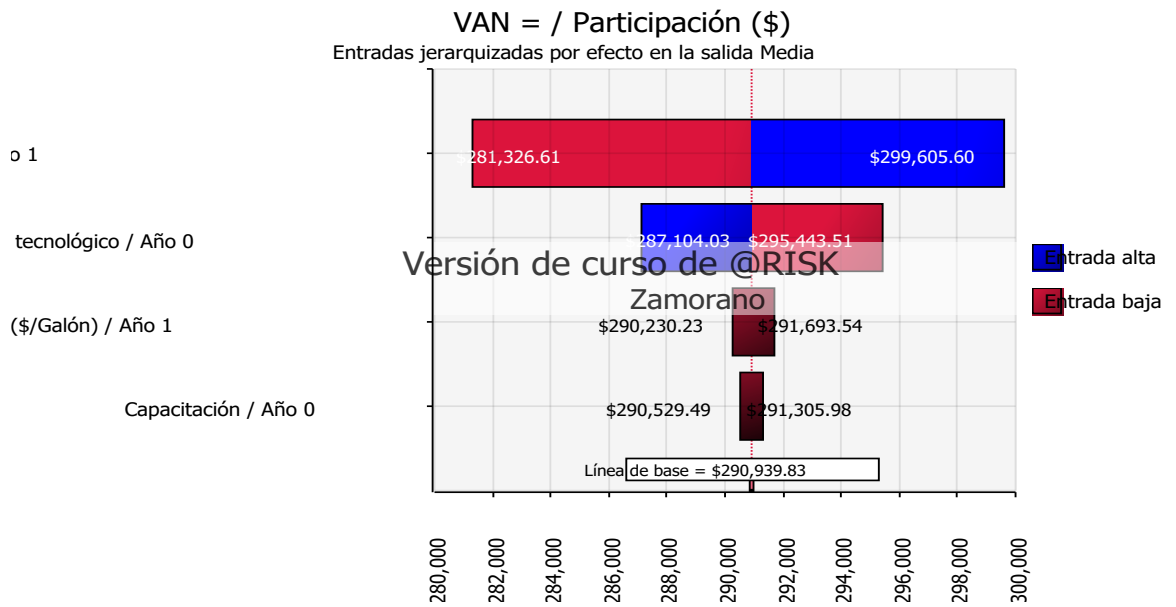
Análisis de sensibilidad en el escenario con tecnología y nivel de capacitación intermedio en el programa @RISK.



**Anexo O**

*Análisis de sensibilidad en el escenario con tecnología y nivel de capacitación básico en el programa*

*@RISK.*



## Anexo P

*Servicios que ofrece grupo TECUN por nivel de capacitación.*

	 <b>Programa Desarrollo</b>			
	Básico	Intermedio	Avanzado	Multiplicador
	\$1500	\$3250	\$4000	\$5000
Tiempo aprox. Capacitación (h)	40 h	55 h	70 h	hasta 90 h
Material de apoyo	✓	✓	✓	✓
Uso cabina simulación	✓	✓	✓	✓
Gafete y Ficha seguimiento	✓	✓	✓	✓
Certificación			✓	✓
Auditorías de campo		✓	✓	✓
Visitas campo		Hasta 15 visitas	Hasta 30 visitas	Seguimiento personalizado
Premiaciones			✓	✓
Cursos en línea			✓	✓
Acceso a pruebas técnicas y Psicométricas				✓
Recorridos formativos				✓
Asesoría confección cursos				✓

Nota: Costo del programa por maquina/año incluyendo 03 operadores.

**Anexo Q**

*Visita a frente de cosecha de Ingenio Magdalena con personal de grupo TECUN.*



**Anexo R**

*Taller móvil de grupo TECUN instalado en frente de cosecha de Ingenio Magdalena para mantenimiento de maquinaria.*



**Anexo S**

*Mantenimiento preventivo a cosechadora en Ingenio Magdalena con personal de grupo TECUN.*



**Anexo T**

*Cosechadora A9900 de grupo TECUN en operación en Ingenio Magdalena.*



## Anexo U

*Operador de cosechadora con el paquete tecnológico implementado.*



**Anexo V**

*Personal del taller de grupo TECUN instalado en frente de cosecha en Ingenio Magdalena.*



**Anexo W**

*Operador de cosechadora sin el paquete tecnológico en Ingenio Magdalena.*



**Anexo X**

*Entrevista con el jefe del frente de cosecha número 20 con cosechadoras sin el paquete tecnológico.*



## Anexo Y

*Cabina de simulación de cosechadora para entrenar a los operados en grupo TECUN.*



## Anexo Z

*Trazo de líneas para programar el piloto automático en la cosechadora.*

