

UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL  
“LISANDRO ALVARADO”

**PROTOTIPO DE SOFTWARE UTILIZANDO GPS Y TRANSMISIÓN DE  
DATOS POR VIA INALÁMBRICA, PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO  
DE COSECHADORAS MECANIZADAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA  
AGROPECUARIA EL RETORNO, C.A.**

FREDDY ANTONIO FREITEZ SÁNCHEZ

Barquisimeto, Julio 2009



UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL “LISANDRO ALVARADO”  
DECANATO DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA  
POSTGRADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION

**PROTOTIPO DE SOFTWARE UTILIZANDO GPS Y TRANSMISIÓN DE  
DATOS POR VIA INALÁMBRICA, PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO  
DE COSECHADORAS MECANIZADAS DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA  
AGROPECUARIA EL RETORNO, C.A.**

Trabajo de Grado presentado para optar al título de Técnico Superior Especialista en  
Tecnología de la Información y Comunicaciones

Por: FREDDY ANTONIO FREITEZ SÁNCHEZ

Barquisimeto, Julio de 2009



UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL  
"LISANDRO ALVARADO"  
DECANATO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
COORDINACIÓN DE POSTGRADO

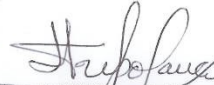
### ACTA VEREDICTO TRABAJO DE GRADO

Nosotros, Miembros del Jurado Examinador del Trabajo de Grado titulado "**Prototipo de Software utilizando GPS y Transmisión de Datos por Vía Inalámbrica, para el Control y Seguimiento de Cosechadoras Mecanizadas de Caña de Azúcar en la Agropecuaria El Retorno, C.A.**", presentado por el AdS. **Freddy Antonio Freitez Sánchez**, titular de la Cédula de Identidad N° **9.619.428**, como requisito para optar al grado académico de **TÉCNICO SUPERIOR ESPECIALISTA EN TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES**, ofrecido por el programa de Especialización para Técnicos Superiores en Tecnología de la Información y Comunicaciones del Decanato de Ciencias y Tecnología de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", hacemos constar que hoy, treintauno de Julio de dos mil nueve (31-07-2009) a las cuatro de la tarde (4:00 p.m.) se realizó el examen público de Defensa de Trabajo de Grado, de acuerdo a lo establecido en la Normativa sobre Trabajos de Grado de la UCLA. Una vez rendido el examen, este Jurado emite el siguiente veredicto:

El Trabajo de Grado fue:


\*\*\*\*\* **APROBADO** \*\*\*\*\*

Dando fe de ello, levantamos la presente acta en la ciudad de Barquisimeto a los treintaun días del mes de Julio del año dos mil nueve.

  
**Prof. William Polanco**  
Tutor – Presidente del Jurado  
C.I. N° 7.501.562



  
**Prof. Olga Palma**  
Jurado Principal  
C.I. N° 13.775.906

  
**Prof. María Auxiliadora Pérez**  
Jurado Principal  
C.I. N° 7.409.261

## ÍNDICE GENERAL

	<b>PÁG.</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	vi
<b>RESUMEN</b>	vii
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I ELPROBLEMA</b>	4
Planteamiento del Problema	4
Objetivos	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	8
Justificación e Importancia	8
Alcance y Limitaciones	10
<b>II MARCO TEORICO</b>	12
Antecedentes de la Investigación	12
Bases Teóricas	16
Bases Legales	39
Operacionalización de las Variables	41
Glosario de Términos Técnicos	42
<b>III MARCO METODOLOGICO</b>	48
Tipo de Investigación	48
Fases del Estudio	50
Fase 1: Diagnóstico	50
Población y Muestra	50
Diseño de la Investigación o Procedimiento	51

	Técnicas e Instrumento de Recolección de Información	52
	Técnicas de Análisis de Datos	53
		<b>PÁG.</b>
	Fase 2: Estudio de Factibilidad	54
	Factibilidad Operativa	54
	Factibilidad Técnica	56
	Factibilidad Financiera	56
	Fase 3: Diseño de la Propuesta	57
<b>IV</b>	<b>PROPUESTA DEL ESTUDIO</b>	59
	Descripción de la Propuesta	59
	Requerimientos para desarrollar la herramienta	60
	Recursos Físicos (Hardware)	60
	Recursos Lógicos (Software)	61
	Recursos Financieros	61
	Diseño y Programación de la Herramienta	62
	Funcionalidad de la Herramienta	63
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	72
	Conclusiones	72
	Recomendaciones	75
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	77
	<b>ANEXOS</b>	80
<b>A</b>	Curriculum Vitae del Autor	81
<b>B</b>	Fotos de la Agropecuaria El Retorno, C.A.	82
<b>C</b>	Maquinaria de la Agropecuaria el Retorno, C.A.	83
<b>D</b>	Equipos de radio de la Agropecuaria El Retorno, C.A.	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>PÁG.</b>
1. Emisiones electromagnéticas con una intensidad de campo eléctrico	40
2. Erogaciones efectuadas por rubro de tarea	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁG.</b>
1.	Red de rastreo GPS permanente del IGS [IGS, 1999b]	24
2.	Equipo receptor de señal Garmin GPS Map 296	24
3.	Cosechadora de caña de azúcar con equipo GPS instalado	27
4.	Pantalla inicial del prototipo, solicitud del usuario y su clave	62
5.	Pantalla del menú principal de la herramienta	63
6.	Pantalla del maestro de fincas	64
7.	Pantalla del maestro de lotes	65
8.	Pantalla del maestro de tablonos	66
9.	Pantalla del maestro de frente de corte	66
10.	Pantalla del centro de control	67
11.	Pantalla del centro de control datos	68
12.	Pantalla del operador de la cosechadora	69
13.	Pantalla de reporte estadísticos 1	70
14.	Pantalla de reporte estadísticos 2	70
15.	Pantalla de reporte estadísticos 3	70



UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL “LISANDRO ALVARADO”

DECANATO DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

POSTGRADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION

PROTOTIPO DE SOFTWARE UTILIZANDO GPS Y TRANSMISIÓN DE  
DATOS POR VIA INALÁMBRICA, PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE  
COSECHADORAS MECANIZADAS DE CAÑA DE AZÚCAR.

**Autor:** Freddy Antonio Freitez Sánchez.

**Tutor:** William Polanco.

**RESUMEN**

En el cultivo de la caña de azúcar, la cosecha es uno de los procesos críticos y más importante en la producción de la caña, esta se ha tecnificado a nivel nacional y para ello se utilizan cosechadoras mecanizadas. Sin embargo, estas máquinas deben operar bajo un rango de velocidad de corte específico para minimizar los daños a las plantas. En el mejor de los casos, este control lo hace un supervisor de cosecha que mediante su experiencia visual le comunica por radio al operador de la cosechadora si va muy rápido o muy lento, para que corrija la velocidad de la máquina. Este método nunca podrá garantizar la exactitud de la velocidad del equipo, por ello, se desarrolló un prototipo de software que valiéndose de la tecnología GPS y de la transmisión de datos por vía inalámbrica, el cual permitió efectuar un control y seguimiento en tiempo real de las cosechadoras mecanizadas, en una finca de la Agropecuaria El Retorno, C.A. El diseño del prototipo permite ahora evaluar la velocidad de cada cosechadora y tomar los correctivos necesarios en tiempo real, ahorrando consumo de combustible, evitando mantenimientos excesivos de las maquinas, y pérdida por deterioro de las plantas por mal uso de las cosechadoras en la velocidad recomendada por el fabricante, para todo esto se tomó en cuenta los equipos que posee la Agropecuaria, se evaluó el desempeño de varios GPS y protocolos de comunicación inalámbrica, existentes en el mercado. Para lograr los objetivos en esta investigación se utilizará las metodologías de investigación de campo y estudio de proyecto. El trabajo concluye con la presentación del prototipo de software adaptado para el uso de tecnología GPS y transmisión con enlace inalámbrico, el cual fue efectivo en su primera puesta en prueba, lográndose el control de las cosechadoras en tiempo real, disminuyendo los costos y daños al cultivo.

**Palabras Claves:** prototipo, software, tecnología GPS, transmisión inalámbrica, control y seguimiento, cosechadoras mecánicas, caña de azúcar.



## INTRODUCCION

Los niveles de rentabilidad que se pudieran obtener del cultivo de cualquier especie vegetal se asocian directamente al grado de atención, esfuerzo y la calidad resultante en la cosecha, siendo este un punto culminante del proceso productivo, y que merece una especial consideración.

Partiendo de la premisa que la cosecha con equipos mecanizados supera con creces la recolección manual de la caña de azúcar, queda entonces, encaminar esfuerzos por optimizar los procesos aplicados con las cosechadoras mecanizadas con la finalidad de obtener progresos importantes soportados con la aplicación de medios tecnológicos de avanzada y prototipos informatizados en la recolección de información que permita óptimos niveles de rendimiento, reducir la pérdida por desperdicios, imperfecciones en la limpieza del cultivo durante la cosecha, la recopilación de información para la conformación de bases de datos y la retroalimentación en tiempo real a fin de corregir fallas imputables al manejo subjetivo del operador de dichas cosechadoras, en cuanto a diversos factores tales como velocidad de corte, tiempos, falta de información, valoración en la maduración de la planta, entre otros aspectos.

Las fincas de la Agropecuaria El Retorno, C.A., objeto de estudio, ubicada en el estado Portuguesa, cuenta con una topografía que en su mayoría presenta suelos totalmente planos, favoreciendo la implementación de la cosecha mecanizada. Ahora bien, la optimización de la cosecha mecanizada se evidencia en el proceso de corte llevado a cabo por esta empresa, en donde la velocidad de las máquinas cosechadoras no es controlada de manera efectiva, debido a que una persona mediante la observación y la experiencia, determina si la maquinaria se mueve a la velocidad óptima requerida por el fabricante de la máquina (entre 6 a 8 kilómetros por hora); y de acuerdo a los reporte manuales analizados se determinó que en la cosecha de los dos últimos períodos, las cosechadoras se movieron en su mayoría por encima de la velocidad permitida, ocasionando daños al cultivo y un incrementos en los costos de

producción; al tener que separar los desperdicios extraídos por el incremento de la velocidad de la máquina y resembrar el cultivo pasada la cosecha.

El presente estudio alcanzó la perspectiva de mejorar esta situación de control y seguimiento de las cosechadoras disponibles en la empresa, mediante la demostración de la aplicación de una avanzada tecnología, como la utilización del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y la transmisión de los datos recolectados de forma inalámbrica en tiempo real, para la toma de decisiones inmediatas.

Para el logro de este objetivo, el trabajo de grado se ha estructurado en cinco (5) capítulos, en el primero se describe la trayectoria evolutiva de los procesos de recolección de la caña de azúcar y en particular se planteó las múltiples dificultades propias que ha generado el uso inadecuado de las cosechadoras mecanizadas cuando su funcionamiento dependía de la apreciación subjetiva del operador, quien nunca podrá garantizar la misma precisión de cualquier instrumento de medición digital o electrónico en los aspectos de: velocidad de corte, ubicación espacial, peso de la cosecha, descarga del producto. Igualmente, se presentó un breve panorama de las posibilidades de la utilización de los sistemas de posicionamiento global GPS y la tecnología de transmisión de datos inalámbricos como medio de apoyo para solventar dicha problemática.

En el segundo capítulo, se expuso los antecedentes encontrados referidos y relacionados con las variables objeto de estudio, ya que los trabajos existentes no se han aplicado en forma específica al área de los procesos de recolección de caña de azúcar, utilizando cosechadoras mecanizadas que trabajen con sistema GPS y transmisión de datos inalámbricos. Dentro del mismo capítulo se desplegó los basamentos teóricos que ayudaron a tener una visión más clara de los elementos intervinientes del proyecto, tales como los procesos de cosecha de este cultivo, su evolución histórica, el sistema GPS, las bases de datos, transmisión de información y los prototipos de software que pueden desarrollarse para ello.

El capítulo tres correspondió al Marco Metodológico, donde se detalla: el tipo y la naturaleza de la investigación, población, muestra, técnicas de recolección, instrumentos; y la secuencia de los pasos seguidos en la ejecución del estudio.

El capítulo cuatro, reflejó los aspectos administrativos donde se detallan los enfoques de los recursos humanos, materiales, lógicos y financieros utilizados en el desarrollo de esta investigación, se presenta el Prototipo en el Diseño de Software utilizando la tecnología del GPS y la transmisión de datos por vía inalámbrica para el control y seguimiento de las cosechadoras mecanizadas en la mencionada agropecuaria.

Finalmente, el capítulo V, describe las conclusiones y recomendaciones producto del análisis y enfoque global del estudio y la valoración de los elementos del entorno en la Agropecuaria El Retorno, C.A.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

#### Planteamiento del Problema

En los últimos años, los países productores de azúcar a nivel mundial han incrementado la superficie cultivada en respuesta a la gran demanda que tiene este producto en el público consumidor. Sin embargo, el ritmo de crecimiento de la producción no ha podido alcanzar los niveles para satisfacer el déficit en la mayoría de los países, razón por la cual cada día se incrementa el número de ellos lo cual conlleva a las importaciones provenientes de los países que han logrado el mayor desarrollo tecnológico en la siembra, cosecha y procesamiento de dicho rubro.

Según datos revisados por FAO (*La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*) (2008), a nivel mundial, para el periodo 2006/2007, se estimó una producción por el orden de 159,2 millones de toneladas de azúcar, que al ser comparada con las cifras del periodo 2005/2006, evidencia un incremento en la producción de 7,3 millones de toneladas de azúcar.

A nivel Latinoamericano, estudios realizados reflejan que países como Brasil y México, han alcanzado niveles altos de producción de toneladas de azúcar por hectárea, gracias al desarrollo tecnológico y a políticas de incentivo al desarrollo de los procesos productivos del cultivo de caña.

Venezuela, no se escapa de esta realidad mundial en cuanto al aumento de la demanda del consumo de azúcar, según datos suministrados por MAT (Ministerio de Agricultura y Tierra, 2007). En los últimos años la demanda de este rubro se ha incrementado sustancialmente y es por ello que para satisfacerla se ha visto en la

necesidad de importar azúcar morena para ser refinada en los centrales venezolanos y cubrir la demanda nacional.

En Venezuela, la gran mayoría de los centrales azucareros cosechan la caña de azúcar mediante un proceso mecanizado (cosechadora mecanizada); tal es el caso de la empresa Agropecuaria El Retorno, C.A., ubicada en la ciudad de Turén, estado Portuguesa; encargada de la administración y producción del cultivo de caña de azúcar de 19 fincas pertenecientes al Central Azucarero Portuguesa C.A. (CAPCA), aún se evidencia que los niveles de producción de toneladas por hectárea se mantiene muy por debajo de los niveles estándares de los países con trayectoria especializado en el rubro como son Brasil y México.

Aunque en el proceso de cosecha las fincas administradas por la Agropecuaria El Retorno, C.A. emplea el sistema de cosecha mecanizada en el 95% del total de las hectáreas sembradas y el restante 5% mediante un sistema de cosecha manual, persiste los bajos niveles de productividad por hectárea. Además, que se comprueba enormes pérdidas del producto en el mismo campo, a consecuencia del uso inadecuado de las cosechadoras mecanizadas, estos niveles están por encima del 10% de los parámetros estándares que se aceptan a nivel mundial, como lo señala Da Silva et al. (2008), cuando menciona: “Según mediciones efectuadas por Centro de tecnología (Canavieira), 10 % de las materias primas cosechadas es perdido en el campo cuando se corta en forma mecanizada, que representa el perjuicio para el orden de 450 millones de dólares anuales.” (p. 2)

A lo anterior se agrega el progresivo decrecimiento consecutivo de producción en toneladas/hectáreas en las diferentes fincas año tras año, como consecuencia del deterioro de los tablones, producto de la aplicación de la cosechadora a ritmo de velocidad de corte inadecuado. A esto se agrega, algunas desfase en el inicio de los cortes en cada sector o tablones por finca, como consecuencia de la falta de coordinación en el traslado de las máquinas cosechadoras de un sitio a otro por diferentes motivos, tales como: tiempo de mantenimiento mayor al estipulado por requerimiento de servicio por uso inadecuado de la maquinaria, mayor consumo de combustible y fluidos del equipo, revisión constante de la máquina, mantenimiento de

las cuchillas, ajuste de la presión de trabajo, cálculos errados en el tiempo de corte por tablones, falta de información sobre la ruta de corte, entre muchos otros.

Otra problemática observada frecuentemente en la época de zafra, es la disparidad en el uso del tiempo y velocidad de las cosechadoras mecanizadas que actualmente se utiliza, tomando en consideración que cada uno de ellas puede cosechar aproximadamente 30 toneladas por hora; a una velocidad recomendada – según especificaciones técnicas- que oscila entre 6 a 8 kilómetros por hora, no se ha podido llevar un control sobre este particular, por una falta de información en tiempo real de la velocidad de trabajo del equipo, lo que genera constantemente una desventaja evidente, pues si la máquina excede la velocidad máxima recomendada, causa daños a la raíz del cultivo e incluso puede arrancarla totalmente del suelo; disminuyendo en gran medida el nacimiento de nuevas plantas, haciéndose necesario la resiembra del cultivo, esto incrementa los costos y disminuye la producción en la siguiente cosecha. Así mismo, cuando la velocidad de estas maquinarias se encuentra por debajo del parámetro recomendado genera retrasos en la cosecha, ocasionando incremento en los costos de producción por: mayor deterioro del equipo, el cual genera mantenimientos continuos y desgaste de las cuchillas de corte entre otros.

En la actualidad la Agropecuaria El Retorno, C.A., para controlar la velocidad de las máquinas cosechadoras se ha basado en la experiencia visual que tienen las personas que son designadas para vigilar que los operarios de las máquinas cumplan con el rango de velocidad recomendada, situación que está sujeta a la apreciación subjetiva del vigilante, y que por lo tanto, no puede garantizar la velocidad correcta, ni nunca llegará un registro fidedigno del proceso, menos aún que este pueda ser utilizado para conformar una base de datos confiable.

En las dos (2) últimas cosechas (2006/2007 y 2007/2008), los informes presentados por los supervisores de las máquinas cosechadoras demuestran que en la mayoría de los casos excede la velocidad permitida, sin embargo, dichos reportes son analizados luego de concluir la labor de cosecha, ocasionando que no se tomen los correctivos necesarios en tiempo real y generando pérdidas a la empresa; situación que da origen a la presente investigación con el fin de disponer de un prototipo



informatizado que provea información en tiempo real de la velocidad adecuada según el tablón que se esté cosechando y generar una base de datos con información complementaria en cuanto a cantidad de toneladas cosechadas por hectárea, por subtablón, tablón y finca.

Tomando en consideración la problemática planteada, se hizo necesario establecer las siguientes interrogantes: ¿Se puede determinar la situación y características del equipo de cosechadoras mecanizadas existentes con miras a valorar este recurso disponible en la Agropecuaria El Retorno, C.A.? ¿Es viable analizar las diferentes tecnologías de GPS disponibles en el mercado a fin de determinar cuál es la más adecuada por sus costos y requerimientos operativos en el campo? ¿Es factible proponer un modelo de prototipo de captura de datos geostacionarios de la cosechadora usando tecnología GPS, que suministre información de ubicación, espacio-tiempo, en el recorrido de las máquinas cosechadoras? ¿Es necesario evaluar el modelo del prototipo de transmisión de datos inalámbrico desde el equipo colocado en la cosechadora usando antenas bidireccionales hacia la estación de recolección y procesamiento de datos, a fin de retroalimentar con órdenes al operador de estos equipos para que corrija la velocidad de estas máquinas cosechadoras?

Estas y otras interrogantes derivadas se estimaron que podía ser satisfecha a través del desarrollo de esta investigación que se orientó al diseño de un prototipo con apoyo de la tecnología de GPS y que puede ser instalado en los equipos de las maquinarias cosechadoras de caña de azúcar en La Agropecuaria objeto de estudio.

## **Objetivos**

### **General**

Diseñar un Prototipo de software utilizando tecnología de GPS y transmisión de datos vía inalámbrica, para el control y seguimiento de las cosechadoras mecanizadas en las fincas de la Agropecuaria El Retorno, C.A.

## **Específicos**

- (a) Diagnosticar la situación y características del equipo de computación, GPS, comunicación y cosechadoras mecanizadas existentes, disponibles y activas, con sus especificaciones técnicas y de rendimiento que tiene la Agropecuaria El Retorno, C.A. para efectuar el trabajo de zafra anualmente.
- (b) Analizar las diferentes tecnologías de GPS existentes en el mercado que cumplan con los requerimientos operativos en el campo, así como los costos para su implementación.
- (c) Analizar los diferentes protocolos de comunicación inalámbricos que se adapten mejor a la topografía del terreno de donde se harán las transmisiones de datos hacia la unidad central de recolección y procesamiento de datos.
- (d) Proponer un modelo de prototipo de captura de datos geoestacionarios de la cosechadora mediante el uso de tecnología GPS, que permita su ubicación espacio-tiempo en el recorrido dentro del proceso de cosechado de la caña de azúcar en tiempo real.
- (e) Evaluar el modelo de prototipo de transmisión de datos desde la cosechadora, mediante el uso de antenas bidireccionales o tarjetas de comunicación inalámbricas hacia la estación de recolección y procesamiento de datos con la información de control del trabajo ejecutado por el operador de estos equipos.

## **Justificación e Importancia**

En vista de los recientes brotes de crisis alimentaria a nivel mundial, el aparato productivo agrícola venezolano debe encaminarse enfáticamente al estudio y la aplicación de tecnología de avanzada en la producción de diferentes rubros agrícolas, una de estas tecnologías son los sistemas de posicionamiento satelital conocidos como GPS, los cuales utilizados en el sector de la caña de azúcar tiene diferente posibilidades de ser explotado, tales como el control y seguimiento de maquinaria agrícola en la fase de la cosecha, transmisión inalámbrica del

posicionamiento de los equipos, hecho que permite optimizar los procesos y evitar pérdidas importante en cuanto a la generación de desperdicios propios de la misma actividad, lo que repercute en una disminución de los costos, por disminución en el mantenimiento de las cosechadoras, menos parada, menor desgaste de las cuchillas, trabajo realizado en menor tiempo, entre otros. En este sentido, cualquier estudio, diseño, desarrollo y/o aplicación de software o modelos de prototipo que puedan generarse, apoyados con esta tecnología reportará una justificación de ser, del tiempo y esfuerzo que se tenga que hacer para su creación.

Aunque en Venezuela se han efectuados trabajos e implementado sistemas similares en algunos rubros agrícolas, solamente en el cultivo de maíz se han obtenidos hasta el momento resultados positivos, sin embargo, con la cosechadora mecanizada de la caña de azúcar nunca se ha intentado ni implementado estas tecnologías.

La recolección de datos geoestacionarios al momento de la cosecha mecánica, mediante aplicación de tecnología GPS y su transmisión de forma inalámbrica mediante antenas, a un punto de recolección y análisis de dicha información de la cosecha en tiempo real, es de extraordinaria importancia para los gerentes, supervisores, técnicos y ejecutivos de la Agropecuaria El Retorno, C.A., ya que se convierte en una fuente confiable de información para la toma de decisiones que contribuye con el cumplimiento en los tiempos estimados para el corte de la caña en las hectáreas seleccionadas en una entrada de cosecha, logrando bajar los costos de producción al cumplir con el cronograma estipulado de cosecha y optimizando los recursos disponibles que tiene la empresa para la explotación de la misma.

Con todos los tablones a cosechar en una entrada de corte, se tiene muchas hectáreas de caña de azúcar que cortar, haciendo que el control de esta área y el tiempo a emplear sea una de las labores más importantes y difícil de estimar, posibilitando de esta manera la aplicación de un sistema automatizado de control y seguimiento de las cosechadoras mediante tecnología de GPS y enlaces inalámbricos con antenas hasta la central de procesamiento de la información.

El punto crítico que hasta la fecha no han podido resolver los especialistas en la parte agrotécnica, se deriva principalmente al dilema de controlar la velocidad de corte de las cosechadoras, para el cumplimiento del cronograma de rutas en función del tiempo exacto de la maduración de la caña de azúcar y la disponibilidad de las máquinas cosechadoras en la zona respectiva; ya que hasta el momento no existe en Venezuela aplicaciones o trabajos de investigación que aborden el tema de la implementación de nuevas tecnologías en la cosecha mecanizada de cultivos extensivos. Con los resultados presentados en este trabajo se espera que los mismos puedan ser aprovechados para investigaciones futuras en áreas de negocios similares a la cosecha de caña de azúcar, generando la posibilidad de incursionar en nuevas áreas de estudios y proyectos relacionados a este y otros cultivos, por ejemplo, un caso de estudio que podría estar beneficiándose de esta investigación, es el de poder saber la cantidad de toneladas exactas producidas en una área muy específica del tablón, ya sea por tipo de suelo, por variedad sembrada, clase de cultivo o por edad de la caña.

### **Alcance y Limitaciones**

La viabilidad de esta investigación dependió de un requisito básico y es el de la elaboración de mapas de las fincas, en donde se especificaba las coordenadas físicas, de cada región disponible para la cosecha, la cual fue sometida al proceso de estudio.

Por otra lado, existió la limitante referida a que las cosechadoras no tenían instalado un sistema de GPS, el cual era indispensable para utilizarlo en el envío de los datos a un computador portátil dentro de la cosechadora, los datos que reciben de los satélites, en donde se detalla la posición geostacionaria de la máquina en un período de tiempo determinado, logrando de esta manera obtener el recorrido y la velocidad exacta de la cosechadora sobre el área que se estaba cortando en ese momento. Resultó de vital importancia la comunicación y transmisión constante de estos datos, a una unidad central de procesamiento, ya que fue allí donde se tomaban

las decisiones en tiempo real, y notificada al operario de la cosechadora para su ajuste, que permitió la optimización de la cosecha y de esta forma bajar los costos de producción y daños al cultivo.

Dado que los equipos utilizados son costosos las pruebas en campos no se pudieron desarrollar en su totalidad, por lo cual se limitó a ser probado el prototipo a menor escala (laboratorio y en una sola finca).

Aunque las conexiones de los GPS con los satélites que giran alrededor de la Tierra no presentó ninguna interrupción del servicio durante el desarrollo y prueba del prototipo; es importante señalar que dicha conexión es totalmente gratuita y está controlada por el Departamento de Defensa de USA, lo cual no garantiza en un 100% la comunicación; tal es el caso ocurrido en el año 1992, cuando dicho departamento interrumpió por dos (2) días la señal, a raíz de la Guerra de USA contra IRAK.

El trabajo se circunscribió a solo ser puesto en prueba para las características geográficas y topográficas del conjunto de las 19 fincas que están administradas por la Agropecuaria El Retorno, C.A., con sus siete (7) máquinas cosechadoras que posee, por lo cual no se persiguió como fin que el prototipo se tome como un estándar para el sistema de control y seguimiento de las máquinas cosechadoras en toda la región o el país, ya que se están tomando en consideración los limitados recursos tecnológicos de que dispone la empresa y los equipos que se estaban ofertando en ese momento en el mercado nacional, producto de las restricciones en las políticas de importación que actualmente presente Venezuela.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **Antecedentes de la Investigación**

Una vez hecha las indagaciones respectivas en la búsqueda de estudios, investigaciones y trabajos en las diferentes decanatos y bibliotecas de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, así como en los archivos en la Agropecuaria El Retorno, C.A., se llegó a la conclusión que los antecedentes de esta investigación son muy escasos, ya que no existen proyectos que se enfoquen directa y específicamente en el control y seguimiento de la cosechadoras mecánicas de la caña de azúcar utilizando tecnología de GPS y transmisión de datos en tiempo real. Sin embargo, se presenta a continuación algunos antecedentes que están relacionados y vinculados parcialmente con algunas de las variables que se manejaron en el desarrollo del presente trabajo de investigación, tales como:

El estudio propuesto por Biagi y Magalhaes (2001), en Argentina, cuyo objetivo principal estaba focalizado a desarrollar un Sistema de monitoreo de la cosecha de caña de azúcar para elaborar mapas de rendimiento, utilizando como soporte la instalación de un equipo DGPS en el elevador de la cosechadora y acoplados a un microcomputador portátil. Dicho sistema permitiría la elaboración de mapas de productividad cuando es cosechada por cosechadoras autopropulsados, utilizando para ello traductores de peso y acelerómetros, sensores instalados en las ruedas y en la cinta del elevador de la cosechadora, y a partir de allí la información será enviada por señal de control de inicio de la adquisición de datos. Lo que se pretendió es que este sistema pesara la masa de caña después de la limpieza en forma directa y en tiempo real, y almacenara los datos. Esos datos, conjuntamente con la

información obtenida del DGPS permitió la elaboración de un mapa digital que representaba una superficie de producción para un área cosechada.

Este trabajo, aunque tuvo fines diferente al que se pretende efectuar, ya que se concentra en el rendimiento en función del peso del producto, permite confirmar que es posible el uso de la tecnología de GPS para la conformación de un banco de datos, por lo que representa un respaldo de su factibilidad, para corregir la velocidad de corte en tiempo real y complementar con la transmisión de datos por vía inalámbrica a una estación base.

Más adelante, Valdés (2004), presenta una investigación con el fin de proponer un software denominado ProCort, que es un sistema automatizado para la organización de la cosecha de la caña de azúcar, en Cuba. Este software se basa en un Modelo matemático, que pretende fundamentalmente optimizar el rendimiento azucarero en los centrales. En el mismo se consideran múltiples factores técnicos, como: variedades, cepas, suelos y floración, que determinan en un momento dado un nivel de calidad de materia prima disponible y un potencial de azúcar presente. Aspectos tan importantes como la reducción de los frentes de corte, cosecha en bloques compactos, siembras, cañas a dejar o demoliciones, entre otras toman en cuenta la elaboración de estrategia de corte de manera que satisfaga las exigencias de la agroindustria azucarera. En el diseño del software quedaron definidos ciertos parámetros para la toma de decisiones, tales como: clientes potenciales, necesidades del cliente, expectativas del cliente y habilidad que poseen para usar el software. El sistema utilizó una interfaz con Módulos BDA y módulos geográficos, que están incorporados a sistemas automatizados en la mayoría de las empresas azucareras para una base de datos de agrotecnia (BDA), que prácticamente es un registro centralizado de datos primarios a nivel de campo, abarcando la ubicación territorial, la caracterización agrotécnica, los datos de los estimados y la estrategia, los cortes, análisis de madurez, muestreos de sanidad vegetal, etc. que contiene gran parte de la información básica necesaria para realizar la organización de la cosecha. Finalmente, la información básica generada para el ProCort consiste en los datos referentes a cada campo cañero de la empresa, necesarios para completar la entidad de Información

(unidad de productora de información). Para esto el sistema ofrece 2 módulos de actualización manual y uno de actualización automatizada a partir de la Base de Datos de Agrotecnia. En este sentido, se evidencia que aún no se incorpore tecnología de telecomunicaciones avanzada, si es necesario que cada empresa conforme su banco de Datos de agrotécnicos de sus respectivos campos, a fin de efectuar investigaciones que puedan solucionar una amplia diversidad de problemas, producto del uso de equipos para la recolección de la caña, tal como sucede con las cosechadoras mecanizadas de las cuales dispone la empresa Agropecuaria El Retorno, C.A.

El trabajo presentado por Pérez (2005), referido a la Minería de datos para la predicción del rendimiento de la caña de azúcar, cuyo objetivo se centró en desarrollar un modelo de aprendizaje automático que permitiera predecir tal rendimiento en función de la aplicación de la minería de datos. Una vez desarrollados los modelos teóricos, se procedió a su aplicación en una base de datos almacenada soportada por Oracle 9i, y mediante consultas bajo el estándar SQL utilizando las técnicas de aprendizaje automático en el tratamiento de los datos, con Aprendizaje Inductivo por árboles de decisión y Aprendizaje en Redes Neuronales Multicapas con retropropagación.

Para ambas técnicas se aplicó la metodología CRISP-DM en el desarrollo del modelo, con la intención de lograr una mejor definición y validación del mismo. Estos modelos demostraron ser una solución eficiente al problema planteado. La identificación de las características que describen las unidades de producción de mayores rendimientos vincula la existencia de variables, y constituyó un aporte al nuevo conocimiento mediante el estudio de los datos históricos almacenados en la base de datos.

Aunque el trabajo de este autor resalta la necesidad de disponer de una base de datos muy precisa de las toneladas métricas de la caña de azúcar desde la cosecha, para el presente trabajo se justifica en parte uno de los objetivos específicos planteados, es decir, el concerniente a la posibilidad real de transmisión de datos obtenidos por medio inalámbrico sobre el posicionamiento de las máquinas cosechadoras en el campo de trabajo y desde esta hasta la estación de recolección y



procesamiento de datos, que posteriormente conformará la base de datos con información relevante de: posición, distancia, velocidad de la máquina, entre otros.

En trabajo doctoral presentado por Lalchand (2007), referida a diseño de circuitos integrados de RF para un receptor WLAN sobre una tecnología de silicio de bajo costo, se efectuó un estudio pormenorizado de un receptor para redes inalámbricas según el estándar IEEE 802.11a. Para lograr el diseño de dicho receptor se simuló el sistema ADS, comprobando que el receptor cumplía con todas las especificaciones del estándar. Posteriormente se paso al diseño de cada uno de sus elementos, comenzando con el LNA, el nivel de layout, luego con el mezclador de frecuencias (activo y pasivo), el VCO totalmente integrado, que fue la parte más delicada del sintetizador. Finalmente se concluyó con el diseño del amplificador de FI y el filtro polifásico. Para comprobar si los componentes diseñados se podían utilizar en el receptor se volvió a simular el sistema, pero en esa oportunidad con las prestaciones obtenidas tras los diseños. El trabajo concluye que la especificación de sensibilidad y ACR se cumplían mientras que la de NACR y máxima señal a la entrada no, debido principalmente al ruido de fase del VCO, teniendo que rediseñarlo.

En general, este trabajo, que una de las alternativas más viables en estos momento, puede estar en el uso de la tecnología IEEE 802.11a; ya que conduce a la elaboración muy sencillo, de bajo costo, y viable para ser ejecutado por la Agropecuaria El Retorno, C.A.

El estudio presentado por Da Silva et al. (2008), publicado en Brasil, cuyo objetivo se orientó a la determinación de las pérdidas en la cosecha mecanizada de caña de azúcar; para lo cual se tomaron los datos en dos (2) propiedades cerca de Jaboticabal (Brasil), en un área de 1,5 hectáreas, donde se marcaron 25 puntos de control para cuantificar las pérdidas visibles. A través de métodos estadísticos, se pudo comprobar que el promedio de las pérdidas era superior a las estimadas, y se concentraba en la parte superior de la planta y la Stubbles, la aparición de pérdidas de tallos cercanos a la raíz, ocasionaron desprendimiento de la planta. Igualmente se comprobó que las pérdidas de piezas fijas y Stubbles fueron inferiores en el tercer Corte en comparación con las pérdidas en el cuarto corte.

En cada corte, los promedios de las pérdidas totales eran similares a los valores encontrados en la bibliografía. Las pérdidas mostraron que la cosecha mecanizada no está bajo el control de procesos estadísticos. Por lo que ellos mismos sugieren que se busquen alternativas para la recolección de la información en forma más confiable, se genere un banco de datos más amplio, y se puede efectuar experimentaciones en tiempo real, a fin de disminuir las pérdidas que son superiores a estándares señaladas en los manuales del cultivo mecanizado de estas cosechadoras, lo cual se compagina con la intención del presente proyecto, al generar una base de datos en la estación central que recibe la información enviada en forma inalámbrica desde cada una de las cosechadoras mecanizadas que estén funcionando en las hectáreas a cosechar de la Agropecuaria El Retorno, C.A.

Como se puede apreciar, esta recopilación de antecedentes respaldaron las posibilidades de ejecución del presente trabajo, pero el aspecto más importante estuvo en que resaltaron las diversas aplicaciones que hasta la fecha han podido aplicarse para resolver situaciones puntuales en el cultivo, cosecha y determinación del rendimiento en la explotación agrotécnica de la caña de azúcar en diferentes países.

## **Bases Teóricas**

### ***Evolución del cultivo de caña de azúcar en Venezuela***

Los espacios agrícolas se fueron configurando lentamente en la Venezuela colonial y adquirieron mayor extensión en el siglo XVIII, especialmente los cultivos de cacao y tabaco, que se constituyeron en los principales renglones agrícolas orientados hacia la exportación. La caña de azúcar, introducida desde el siglo XVI en Coro y luego en El Tocuyo, comenzó a extenderse rápidamente por el territorio de la Provincia de Venezuela. La producción, destinada fundamentalmente al mercado interno, se realizaba en la denominada “hacienda-trapiche”, mediante la utilización de mano de obra esclava. La “hacienda-trapiche” era la unidad productiva que integraba el proceso completo desde el cultivo hasta la elaboración de papelón y azúcar. Los

métodos utilizados para poner en movimiento los trapiches eran la tracción animal y la fuerza hidráulica. Esta última llegó a tener gran difusión en buen número de haciendas durante el siglo XVIII.

Según lo expresa Rodríguez (2005):

Durante los siglos XVI y XVII el desarrollo de la caña en la provincia de Venezuela resultó lento por varias razones. El florecimiento de los paisajes azucareros demandaba de una cuantiosa inversión de capitales que no consideraron los españoles entre sus planes, la falta de establecimientos equipados con implementos e instrumentos para producir y moler la caña fue evidente; la siembra y la posterior limpieza de la gramínea requería de mano de obra estable y barata que era escasa. (p. 76)

Por otro lado, las haciendas azucareras sufrieron un acentuado proceso de deterioro en el transcurso de las guerras por la independencia, debido a la destrucción de los cultivos y trapiches, así como también por la pérdida de buena parte de la mano de obra esclava. A fin de proteger esta actividad agrícola, en 1821 fue dictada una ley que prohibía la introducción de “azúcares y melazas”, además del café, cacao y añil, que constituían la base de las exportaciones agrícolas venezolanas. En ese mismo año se dispuso también el desestanco de los aguardientes y derechos impuestos a su destilación y ventas, lo que significó la libertad en la producción y comercialización de ese producto, que era elaborado en los alambiques instalados en las haciendas. De esa manera fue posible la progresiva recuperación de esta tradicional actividad agrícola en Venezuela.

### ***Impulso hacia la modernización económica***

La situación de inestabilidad política, derivada de los constantes conflictos armados, comenzó a ser superada recién a partir de 1870 con la instauración de un régimen centralizado que logró conservar durante dos décadas un clima de relativa paz y orden en el país. En este contexto, la economía venezolana comenzó a avanzar lentamente en el camino de la modernización, que comprendió inicialmente cambios

en el sistema de administración de las finanzas públicas bajo el signo de la centralización y la apertura a las inversiones extranjeras, orientadas principalmente hacia los ferrocarriles y la explotación minera. El proceso de modernización económica estuvo acompañado de la instauración de un régimen político autoritario, con capacidad para dominar a los caudillos regionales y concluir con las luchas internas, factores indispensables para sentar las bases de la unidad política nacional.

Molina (2005), recuenta que: “En 1873 fueron eliminados los impuestos de peaje y toda contribución sobre frutos, efectos y animales para su traslado de un sitio a otro del país, ya que dichos gravámenes implicaban un incremento excesivo de los precios” (p. 14). El cobro de peajes fue reemplazado por un impuesto general de tránsito recaudado por la administración central, cuyos fondos serían destinados a los planes de vialidad y transporte.

La expansión de los cultivos de caña de azúcar continuó a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX, especialmente en la región andina, paralelamente a la gran difusión del café. El tipo de caña predominante era la variedad Othaity, ya que la difusión del tipo Salangore fue muy lenta a lo largo del siglo. Los procedimientos utilizados en el cultivo, según lo refiere Pedro Cunill Grau (1987, pp. 1097-1098), no implicaron innovaciones en cuanto a las técnicas de riego y preparación de las tierras.

### ***Establecimiento de los primeros centrales azucareros***

A inicios del siglo XX, en el contexto de la gran expansión mundial de las industrias que utilizaban el azúcar como insumo, comenzaron a alimentarse grandes expectativas en Venezuela con relación a la posibilidad de producir este artículo, especialmente para la exportación, mediante el sistema de centrales. Las primeras factorías de esta naturaleza se establecieron en el Zulia, ya que esta región contaba con importantes ventajas. Por un lado, se disponía allí de grandes extensiones de tierras fértiles, en gran parte vírgenes, por lo que se requería poco abono y, en consecuencia, se podía producir con costos reducidos. Por otro lado, la localización a

orillas del Lago de Maracaibo y la excelente ubicación de su puerto permitían contar con un transporte rápido y barato.

La expansión de la industria azucarera zuliana se inició con la difusión del interés por promover las exportaciones. Las características de su clima y suelo posibilitaban altos rendimientos, a lo que se agregaban los bajos costos de los jornales, la tierra y los fletes. A estas positivas condiciones se sumaba el buen precio alcanzado por el azúcar, por lo que se creía que su exportación tendría favorables perspectivas. También se estaba estudiando el aprovechamiento de la fuerza hidráulica, para instalar plantas generadoras de fuerza eléctrica para las maquinarias y ferrocarriles pertenecientes a las industrias. El primer central venezolano se estableció el 10 de septiembre de 1912 en el estado Zulia, bajo la razón social de Compañía Anónima Central Azucarero, el cual, poco después, recibiría la denominación de Central Azucarero del Zulia. La empresa se constituyó sobre la base de la compra de un ingenio, que estaba dotado de un moderno sistema de riego e instalaciones provistas de calderas. Los comentarios de la prensa fueron muy elogiosos con respecto a la potencialidad de esta compañía pionera. Se calculaba que podría obtenerse un rendimiento mínimo del 10%, proporción que se consideraba bastante elevada (*El Impulso*, 21.05.1913).

La compra de la maquinaria en el exterior, con una capacidad de molienda de 800 toneladas diarias, se constituyó en una engorrosa operación que fue la causa de posteriores dificultades financieras, que condujeron a la decisión de reexportar dichos equipos, por lo que se siguieron utilizando las antiguas instalaciones. Así se desmoronaron las expectativas surgidas inicialmente, ya que en adelante su capacidad de producción quedará limitada por la falta de técnicas apropiadas.

Poco después de haber sido fundado el Central Azucarero del Zulia, destacados empresarios de la región iniciaron gestiones para la creación de la Venezuela Sugar Company. Entre sus promotores, sobresalían varios miembros de la familia París, con larga trayectoria en las actividades comerciales del Zulia, conjuntamente con accionistas norteamericanos. La sociedad se constituyó en 1913, siendo registrada en el estado de Delaware (Estados Unidos). En 1915 se logró

concretar la inauguración de la planta. Sus maquinarias, adquiridas en New Orleans, tenían capacidad para moler 800 toneladas de caña por día. La empresa contaba con un ferrocarril propio, cuyo tramo central era de 13 kilómetros, además de diversos ramales que totalizaban otros 10 kilómetros. En la labor agrícola se empleaban tractores que trabajaban con arados de dos y tres discos. En contraste con estos modernos equipos, proseguía la utilización de mulas para el transporte de la caña y bueyes para el tiro de los carros en el trayecto desde los tablones hasta los ramales del ferrocarril.

Las instalaciones del central y la maquinaria constituían un signo de modernización de la industria azucarera, además de representar una inversión de gran magnitud en un rubro que hasta el momento se había caracterizado por el empleo de sistemas productivos tradicionales. Sin embargo, las actividades de la nueva empresa sufrieron múltiples inconvenientes en la primera etapa, debido a dificultades para la instalación de los equipos, la escasez de mano de obra y las enfermedades de la caña.

Paralelamente, se instaló otro central en 1913 en las proximidades del Lago de Valencia en la región central, bajo la denominación de C.A. Sociedad Industrial Azucarera del Tacarigua. En breve tiempo, la mayor parte de la empresa pasó a ser controlada por el general Juan Vicente Gómez, quien sostuvo en Venezuela una férrea dictadura que se prolongó desde 1908 hasta 1935. Según lo señala Gómez (2002), para esa época:

La mano de obra estaba integrada principalmente por soldados, por lo que no se incurría en gastos por pago de jornales. Ello motivó que, en el transcurso de las dos primeras décadas de vida del central, en sus alrededores no se establecieran núcleos de población formados por los trabajadores, como era usual, debido a la peculiar característica de la mano de obra empleada. Tras la muerte de Gómez en 1935, la propiedad pasó a manos del Gobierno Federal y, más tarde, en 1946, fue incorporada a la administración de la Corporación Venezolana de Fomento (CVF). (p. 159)

En los años de la Primera Guerra Mundial, la demanda de azúcar se elevó notablemente a consecuencia de la interrupción de los cultivos de remolacha en Europa. Al concluir la contienda esa tendencia se acentuó aún más, al punto que en

1919 las exportaciones procedentes de Maracaibo se duplicaron con respecto al año anterior, incentivando así la expansión de los cultivos de caña. Las favorables condiciones de la coyuntura económica mundial promovieron el interés de los directivos de la Venezuela Sugar Company por “nacionalizar” la empresa. En enero de 1920 se formalizó su registro en Maracaibo, bajo la denominación de Compañía Anónima Central Venezuela, empresa que se constituyó con el activo y las propiedades de la Venezuela Sugar Company. A inicios de la década, el Central Venezuela empleaba aproximadamente 1.500 trabajadores, para una extensión de 2.500 Has. Cultivadas.

En contraste con la pujanza de aquella industria, el Central Azucarero del Zulia carecía de maquinarias adecuadas, tras la reexportación de las mismas, por lo que debió limitar la producción de caña a 500 Has. El auge de las exportaciones motivó la fundación en el Zulia en el año 1920 de un nuevo establecimiento: el Central La Gran Vía, que se estructuró sobre la base de una hacienda de caña preexistente con máquinas para fabricar azúcar refinada. El central disponía de un pequeño tramo de ferrocarril para sus servicios internos. Trabajaban allí alrededor de 300 jornaleros y su capacidad de molienda era muy limitada, ya que los cultivos de caña abarcaban solamente unas 500 Has. Los centrales ubicados en el Zulia producían azúcar blanca para el mercado local y Curazao. Por su parte, el Central Venezuela era el único que elaboraba azúcar centrifugada por polarización de 96 grados, del tipo moscabado, que se enviaba a los Estados Unidos.

### ***El nuevo panorama de la industria azucarera***

El panorama de esta industria varió radicalmente en las décadas siguientes. La expansión de ciertos rubros manufactureros, como alimentos y bebidas, requería crecientes suministros de azúcar, al tiempo que los cambios en los hábitos de consumo de la población urbana condujeron también a una ampliación de la demanda de azúcar refinada, en detrimento del tradicional papelón. Dado que la producción nacional ya no lograba satisfacer las necesidades del mercado interno, fue necesario

acudir a las importaciones. Durante la Segunda Guerra Mundial el desabastecimiento se agravó, debido a la insuficiencia de la producción y a las dificultades para su obtención en el exterior. Precisamente, en estos años se intensificó el interés por la instalación de nuevas plantas industriales. Una de estas iniciativas se materializó con la fundación del Central Matilde (Yaracuy) en 1946. En la nueva etapa que se inició con la posguerra y culminó en los años sesenta, el Central Venezuela dio algunos pasos en dirección a la modernización de los procesos de producción. A finales de los cuarenta, se incorporaron nuevos adelantos técnicos y se trajeron las primeras máquinas para la cosecha mecanizada, que luego mostraron serios inconvenientes en su utilización si los campos no estaban previamente acondicionados. Posteriormente, durante los años cincuenta se pusieron en práctica diversos programas para impulsar la agricultura a través de la Corporación Venezolana de Fomento (CVF) y del Banco Agrícola y Pecuario (BAP). Como parte de esa política, fue diseñado el Plan Azucarero Nacional, cuyo objetivo fundamental consistía en la asistencia financiera y técnica a los centrales por parte del Estado, el cual se convirtió también en propietario de varios establecimientos azucareros. Con el propósito de estimular la modernización del sistema productivo, se crearon estaciones experimentales para estudiar los problemas relativos a la calidad del suelo, rendimiento, control de plagas y adelantos técnicos. La CVF intervino de manera directa en la fundación de los centrales Motatán (Trujillo), Cumanacoa (Sucre), Tocuyo (Lara) y Ureña (Táchira), que en 1954 ya se encontraban en funcionamiento. Asimismo, tomando en cuenta las amplias potencialidades productivas de las tierras larenses, la CVF participó en la instalación del Río Turbio (Lara) en 1956. El antiguo Central Tacarigua recibió cuantiosas inversiones que posibilitaron un gran aumento de su producción a mediados de esa década.

En cuanto al sector privado, también surgieron importantes iniciativas, como las de los centrales La Pastora (Lara) en 1953 y de El Palmar (Aragua) en 1956. Al año siguiente se constituyó el Central Yaritagua (Yaracuy) con capital proveniente de los empresarios fundadores de El Palmar. Entre 1947 y 1956, el incremento de la producción nacional fue casi del 600%, lo que revela el grado de dinamismo que



adquirió la agroindustria azucarera en ese período, al punto de lograr el abastecimiento del mercado interno y la reducción al mínimo de las importaciones.

En este contexto, la producción del Central Venezuela aumentó, pero en una proporción pequeña en comparación con los nuevos centrales, tanto públicos como privados, creados a partir de 1946. Los mayores incrementos se localizaron en Lara, Yaracuy y Aragua, principalmente. En el marco de este desplazamiento de los centros productores, se redujo notablemente la importancia relativa de la región zuliana en este rubro. En el año 1945, el Central Venezuela había aportado el 38% de la producción nacional y el Tacarigua el 17%. La situación varió totalmente en los años posteriores. En 1963 el central zuliano producía solamente el 7% y el Tacarigua el 6% del total nacional. En el mismo año, la producción de El Palmar representaba el 20%, Río Turbio: 17%, Matilde: 14%, El Tocuyo: 12%, Yaritagua: 7% y Cumanacoa: 7% (c.f.a. Gómez, op. cit., pp. 319-322).

A raíz de las expectativas que se estaban alimentando con la expansión del negocio azucarero fue que se empezaron a explorar y a buscar nuevas zonas aptas para la cañicultura. Al respecto se consideró que el estado Portuguesa reunía los requisitos para la ampliación de las siembras de caña e instalación de nuevos centrales. Así en 1959 se habían realizado las primeras gestiones para instalar el Central Azucarero Portuguesa (El Nacional, Caracas, 02.08.1959), aunque su establecimiento se concretó recién una década después. Esta factoría, que contaba con participación accionaria de la Corporación Venezolana de Fomento (CVF), inició sus operaciones en el año 1969.

La gran extensión de la actividad azucarera en el estado Portuguesa constituye un notable fenómeno que se inició a partir de 1969 y prosiguió luego con mayor fuerza hasta la actualidad. Mediante la incorporación de los centrales Portuguesa, Melaport, Río Guanare y Las Majaguas se ampliaron los espacios agrícolas del estado mencionado (Ver Anexos). Es necesario destacar que a mediados de los años setenta, los centrales que tenían la mayor capacidad de molienda eran el Río Yaracuy con 7.000 toneladas de caña diarias, El Palmar: 6.500, Río Turbio: 6.000 y Portuguesa: 6.000 (MAC, 1975).

El Central Azucarero Portuguesa, C.A. cuenta con una capacidad de molienda de 14.000 Toneladas de caña en 24 horas, capacidad: 800 toneladas de azúcar refino en 24 horas, esta localizado en la Carretera Vía Payara, Km 3, Sector Piedritas Blancas, en el Estado Portuguesa (Ver Anexo, fotografías aéreas)

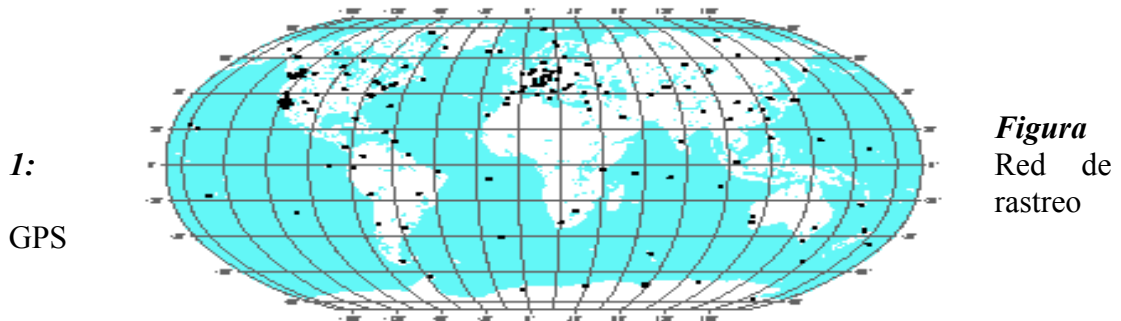
Actualmente el Central Portuguesa tiene proyectado una molienda de 2.000.000 toneladas de caña de azúcar para la Zafra 2007-2008, con un promedio diario de molienda de 15.000 Tons. Para la cosecha de estas cañas se cuenta con 18 núcleos mecánicos que arriman el 80% de las cañas y 15 núcleos manuales que arriman el 20% de las cañas.

La Agropecuaria El Retorno, C.A., produce caña de azúcar para Central Portuguesa, según algunos especialistas es el mayor ingenio venezolano, y en la región es reconocida como una empresa modelo por su organización, eficiencia y productividad. El Retorno posee 5.000 hectáreas de caña que se cultivan y se cosechan con una flota de siete cosechadoras y nueve (9) tractores modelo Case IH (Ver Anexos).

### ***Sistema de Posicionamiento Global (GPS)***

Es un sistema de satélites cuyo objetivo es brindar posición y velocidad en forma instantánea y precisa las 24 horas del día, en cualquier parte del mundo y bajo cualquier condición climática. El segmento espacial del sistema GPS consta de 24 satélites en órbitas casi circulares a 20.000 km de altura, distribuidos en seis planos orbitales equiespaciados en longitud y con una inclinación de 55 grados respecto del plano ecuatorial. El sistema está controlado por diez estaciones de rastreo que observan los satélites y permiten el cálculo y predicción de sus órbitas y correcciones a los estados de sus relojes. Éstos son luego transmitidos a los satélites para que a su vez las puedan enviar a los usuarios como efemérides transmitidas. Los usuarios reciben las posiciones y correcciones de reloj de los satélites y además pueden medir pseudo distancias a varios de ellos a la vez, lo que les permite calcular su propia localización. La observación es un retardo como en el caso de SLR, pero en este caso es de camino

simple, por lo que se involucran la escala de tiempo del reloj del satélite y la del reloj de la estación receptora. El modelado de las fuerzas sobre el satélite es muy parecido al que se utiliza para SLR, adecuándolo a las características de los satélites GPS, tales como la gran altitud de su órbita y la complejidad de la geometría de su superficie.



permanente del IGS [IGS, 1999b].

**Fuente:** <http://www.upv.es/satelite/trabajos/pract13/nogeo.htm> (2008).

El bajo costo relativo de los receptores respecto de las demás técnicas, la gran variedad de marcas de equipos con un gran número de modelos que llenan todas los requerimientos técnicos, físicos y financieros y el gran número de aplicaciones y accesorios que se le puede instalar a los GPS, el aumento de las telecomunicaciones, el acceso ilimitado de información producto del gran desarrollo que experimenta la internet, todos estos factores han contribuido positivamente a que en menos de una década se desarrollara una red mundial de estaciones de rastreo integradas en el Servicio Internacional de GPS (IGS). Esta organización, patrocinada por la Asociación Internacional de Geodesia (IAG), produce órbitas GPS precisas, parámetros de rotación terrestre, coordenadas y velocidades de las estaciones de rastreo con exactitudes del orden de las que se obtienen con las demás técnicas descritas en esta sección.



**Figura 2:** Equipo receptor de señal Garmin GPS Map 296.

**Fuente:** <http://club.gpsaventura.cl/equipos/new/gpsmap296g.jpg> (2008).

El servicio prestado por el IGS contribuye en forma decisiva a la disponibilidad actual del posicionamiento con GPS de exactitud centimétrica. La figura (1.3) muestra la distribución de las estaciones globales del IGS que contribuyen a la materialización del ITRS.

### ***Futuro de la tecnología de posicionamiento***

En el siglo XXI da un paso adelante con el ambicioso proyecto Galileo. Galileo es la iniciativa europea surgida para desarrollar un Sistema Global de Navegación por satélite, de titularidad civil, que proporcione a Europa independencia respecto a los sistemas actuales: GPS (EEUU) y Glonass (Federación Rusa). El funcionamiento de Galileo es similar al de sus competidores; todo se basa en una constelación de satélites que en pocas horas dan la vuelta al mundo. La componente espacial de Galileo está constituida por 30 satélites repartidos en tres planos orbitales de 23.600 Km. de altura y 55° de inclinación, diseño que mejora su cobertura en latitudes extremas (cerca de los polos) con respecto a los otros sistemas.

Hay cuatro parámetros característicos que sirven para evaluar las prestaciones de todos los Sistemas Globales de Navegación por Satélite “GNSS”: la disponibilidad de la señal (que exige que siempre haya al menos cuatro satélites a la vista del receptor), la continuidad (que la emisión de la señal no sufra interrupciones), la precisión (grado de incertidumbre de la posición que proporciona el sistema) y la

integridad (veracidad de la información que proporciona el sistema incluida la alarma cuando el sistema no esté funcionando correctamente). Los niveles que ofrecen los sistemas respecto a esos cuatro parámetros no alcanzan los mínimos requeridos por algunos usuarios, especialmente la aviación civil. Tanto el GPS como el Glonass son de origen militar. Aunque las aplicaciones civiles del GPS se han generalizado, el uso y control del sistema sigue y seguirá siendo militar. Es decir, en situaciones de crisis, las autoridades que lo gestionan pueden anular o degradar la señal limitando su precisión a aquellos usuarios militares que posean la autorización adecuada. Aunque en mayo de 2000 Estados Unidos decidió dar una mayor precisión a los usuarios civiles del GPS, eliminando el error deliberado que hasta entonces emitían para los usuarios civiles (disponibilidad selectiva), el GPS sigue siendo insuficiente para multitud de aplicaciones, debido principalmente a las siguientes razones:

1. Ausencia de garantía y de compromiso de responsabilidad en la calidad y continuidad del servicio para usuarios civiles. No se puede reclamar a nadie un error en la señal GPS.
2. Precisión insuficiente en la determinación de la posición para aplicaciones que exigen un posicionamiento rápido.
3. Pobre disponibilidad en regiones de elevada latitud o áreas urbanas en las que la constelación GPS no tiene cobertura.
4. Carencia de integridad. Los usuarios del GPS no son informados de eventuales fallos o errores del sistema, de forma que la posición obtenida del GPS puede estar dando errores de kilómetros sin saberlo.

Debe destacarse que uno de los puntos clave de este programa se encuentra en la implicación del sector privado en la financiación del proyecto. La participación financiera de la industria privada comenzó a finales de la fase de desarrollo (a finales de 2003) y va aumentando hasta asumir en la fase de despliegue los 2/3 de los costes a través de un modelo concesional para la construcción y operación del sistema. Durante la fase de operación (a partir de 2008), la aportación pública se mantendrá en forma de pagos al concesionario, que irán disminuyendo en el tiempo a medida que el sistema genere sus propios ingresos. El coste de la fase de desarrollo (2002-2005) se

cifra en torno a los 1.100 millones de euros, que se distribuirán a partes iguales entre la ESA y la CE. Para la fase de despliegue (2006-2007), los costes se estiman en 2.100 millones de euros. Se estima que a partir de 2008 el sistema se encontrará completamente operativo, debiendo llevarse a cabo el mantenimiento y la renovación periódica de los satélites de la constelación.

### ***Cosechadoras Mecanizadas de Caña de Azúcar***

Las cosechadoras de caña de azúcar son hoy en día equipos de alta tecnología basado en una máquina de tracción, tipo tractor agrícola, construido con un motor de alta potencia, del tipo John Deere y de bajo consumo de combustible que permite soportar largas jornadas de trabajo, facilitando que uno o dos operarios puedan efectuar el corte, limpieza y recolección del cultivo de la caña de azúcar en terrenos más o menos planos, y puede combinar su trabajo con otras maquinarias o vehículo para transferir el producto de los corte (camiones o tolvas rodadas por otros tractores/vehículos).



**Figura 3:** Cosechadora de caña de azúcar con equipo GPS instalado.

**Fuente:** <http://www.agriculturadeprecision.org>

Entre las características más resaltantes de estos equipos es la construcción de su chasis con materiales de acero reforzado, con un perfil tubular, que le permite mayor resistencia a cargas extremas de trabajo y una mejor distribución del peso, tanto vacía como con carga. Su diseño estructural facilita un mejor acceso a las áreas de mantenimiento preventivo del equipo. Su motor soporta largas jornadas de trabajo y su eficacia de aprovechamiento del combustible de la máquina permite trabajar durante toda la jornada sin parar a recargar. También posee un sistema de auto limpieza y de enfriamiento instalado encima del motor y detrás de la cabina, favoreciendo que el operador sufra la menor contaminación. El motor generalmente está localizado debajo de la cabina para mantener el centro de gravedad más bajo, de esta forma dar una mayor estabilidad lo que repercute en una mejor maniobrabilidad del mismo, que se traduce en uso más eficiente del combustible y por su ubicación ofrece un mejor acceso al mantenimiento, el cual se realiza de manera periódica, ya que por ser una máquina de trabajo pesado están operativas las 24 horas del día por todo el periodo de zafra que puede durar de cinco (5) a seis (6) meses continuos.

Los componentes más destacados son: un trozador, compuesto por rodamientos y cuchillas trozados con un motor independiente; cortador base con 4 engranes basada en una rueda dentada intermedia que facilita el movimiento frontal con opción de discos aserrados para un mejor flujo de cosecha, portacuchillas para adecuarse a cualquier tipo de terreno; rodillos alimentadores para el mejor flujo de caña generalmente en el exterior, con topes de amortiguadores de caucho; un rodillo pateador abierto de dos barras que permite remover la tierra e impurezas; un despuntador para reducir la acumulación de hojas, unos divisores de cosecha, que es un sinfín que permite una alimentación consistente en la caña acamada acumulada; cuchillas laterales; un extractor primario, un ventilador de cuatro aspas; un extractor secundario para ayudar a la limpieza de la caña; un elevador de estructura de perfil tubular para trasladar el producto a los vehículos de carga que puedan ubicar a los lados; la cabina con buena visibilidad, asiento para operador y pasajero que facilita

el entrenamiento de operadores, allí están alojada la consola de los controles de toda la máquina.

### ***Transmisión de Datos de Forma Inalámbrica***

Antes de ahondar en la forma inalámbrica, se debe precisar las definiciones básicas, al respecto, Pellizza (2006), menciona que:

Una de las definiciones más comunes de transmisión de datos: Parte de la transmisión de información de contenidos, que consiste en el movimiento de información codificada, de un punto a uno o más puntos, mediante señales eléctricas, ópticas, electrónicas o electromagnéticas. (p. 22)

Una vez precisado una definición de transmisión de datos, se puede concretar en la conceptualización de “Medio de transmisión de datos”. En este particular se menciona que para que ocurra la transmisión de datos, debe haber una línea de transmisión entre los dos equipos, también denominada canal de transmisión o canal.

Estos canales de transmisión están compuestos por varios segmentos que permiten la circulación de los datos en forma de ondas electromagnéticas, eléctricas, luz y hasta ondas acústicas. Es, de hecho, un fenómeno de vibración que se propaga a través de un medio físico (alámbrica) o por el aire (inalámbrica), bien sea esta última, en formatos digitales.

La codificación de las señales de transmisión permite o facilita el intercambio de datos, generalmente se debe una codificación para transmitir las señales. Esto depende, básicamente, del medio físico que se utilice para transmitir datos, de la garantía de la integridad de los mismos y de la velocidad de transmisión.

Existen también la transmisión simultánea de datos, es decir, la transmisión de datos se denomina "simple" cuando hay sólo dos equipos que se están comunicando, o si se está enviando un único trozo de información. De lo contrario, es necesario instalar varias líneas de transmisión o compartir la línea entre los



diferentes actores que están presentes en la comunicación. Este proceso se denomina multiplexación.

Adicionalmente se debe contar con Protocolos de comunicación, que es un lenguaje común utilizado por todos los actores en la comunicación para intercambiar datos. Sin embargo, su función no se detiene allí. Un protocolo también permite: el inicio de las comunicaciones, el intercambio de datos, la detección de errores y el envío de señales de finalización de las comunicaciones.

Una de las alternativas para las comunicaciones inalámbricas, son los denominados enlaces inalámbricos, que son servicios que ofrecen al cliente acceso ilimitado a Internet mediante un enlace inalámbrico por medio de antenas, que le permiten utilizar un ancho de banda desde 64K hasta 2Mbps. Generalmente trabajan por medio de radio frecuencia, desde 2dB de ganancia hasta 24 dB, pueden transmitir en un radio inicial de 7° hasta 360°, dependiendo el estilo de la red, tienes la disposición de que pueden adaptarse a tecnologías Omnidireccionales y Unidireccionales; y pueden enlazar desde una pc hasta una red entera, creando una intranet.

### ***Prototipo de Software de Comunicación***

Como primer paso es necesario delimitar el concepto de prototipo, ya que el mismo es muy amplio y se entremezcla con el concepto de modelo, por ello, Pereyra (2000), lo define como:

Es un modelo a escala o facsímil de lo real, pero no tan funcional para que equivalga a un producto final, ya que no lleva a cabo la totalidad de las funciones necesarias del sistema final. Proporcionando una retroalimentación temprana por parte de los usuarios acerca del sistema. (p. 13)

Para este autor, es fundamental establecer cual es el objetivo de todo prototipo, ya que el mismo puede ser útil en diferentes fases del proyecto, por ello su objetivo debe ser claro. Así, durante la fase de análisis se usa para obtener los requerimientos del usuario, es lo que se denomina, preprueba. En la fase de diseño

se usa para ayudar a evaluar muchos aspectos de la implementación seleccionada, que más adelante requerirá cambios de acuerdo a nuevas posibilidades descubiertas o limitaciones encontradas en el campo de aplicación.

En la fase de Análisis de un proyecto, su principal propósito es obtener y validar los requerimientos esenciales, manteniendo abiertas, las opciones de implementación. Esto implica que se debe tomar los comentarios de los usuarios o clientes, pero debemos regresar a su finalidad para no perder el objetivo principal para el cual se emprendió dicho diseño.

En la siguiente fase de diseño, el trabajo se concentra en atender y cubrir los requerimientos previamente obtenidos, es decir, mostrar las ventanas, su navegación, interacción, controles y botones al usuario y obtener una retroalimentación que nos permite mejorar el Diseño de Interfaz, en este caso debe ser una interfaz de enlace de comunicación inalámbrico.

### ***Conveniencia de Trabajar con Prototipos***

Entre una las ventajas más notables de trabajar y desarrollar modelos, son los aspectos de economía de costos y tiempo. En primer término, al desarrollarse a una escala menor, los costos de los insumos son considerablemente bajos, además, existe la posibilidad de que el prototipo solo se desarrolle de forma teórica, y se haga una simulación de operación del funcionamiento del mismo, lo cual puede considerarse totalmente válido si este está bien soportado con cálculos bien precisos y márgenes de error tolerables.

Un aspecto muy conveniente es la posibilidad de efectuar modificaciones a todo el sistema en etapas tempranas de su desarrollo, sin ocasionar gastos cuantiosos si el mismo se hubiera aplicado en el modelo final, por lo cual, el éxito del uso del prototipo depende de qué tan pronto y con qué frecuencia se reciba la retroalimentación del usuario para hacer cambios y adecuarlos a las necesidades actuales. Los cambios iniciales durante el desarrollo de un proyecto son menos costosos que si se realizan en etapas tardías, como el prototipo puede cambiar varias

veces la flexibilidad y adaptabilidad son su esencia, la pauta del cambio la da la retroalimentación, la cual permite conocer la opinión del usuario final (bien sea el operador de la máquina cosechadora, el operador de la estación central de recepción de datos o el ingeniero encargado de supervisar todo el sistema) sobre cambios a la entrada o salida de un proceso, que al evaluarla permite obtener los requerimientos y mejorar el sistema.

A la anterior ventaja, el trabajar con prototipos permite la eliminación de sistemas indeseables, que tal vez vienen incorporado en algunos de los elementos y que realmente no se va a utilizar en el modelo definitivo; de esta manera se puede recopilar mayor información para descartar, eliminar o sustituir elementos que no se pidieron en los requerimientos del cliente o del usuario.

La evaluación de los prototipo facilita la toma de decisión cuando el sistema no es útil o no satisface los objetivos que se propuso el investigador, diseñador o equipo de trabajo, y dicha decisión, aunque implica una pérdida, la misma siempre será menor al evitar seguir gastando dinero y tiempo en un proyecto inservible o no viables.

Por otro lado, el uso y operación del prototipo a menor escala hace que los sistemas se ajusten a las necesidades de los usuarios. Se reduce el intervalo de tiempo desde que se relevan los requerimientos y el sistema concluido. Permite que los usuarios se involucren desde el principio y lo hace participar en forma activa, de esta forma hacen suyo el proyecto, siendo los principales promotores del éxito.

Finalmente, los prototipos de comunicaciones parten de una conexión alámbrica, generalmente conectado a través de un cable serial a una computadora. Sin embargo, cuando el mismo es instalado en una unidad móvil, como es el caso de la cosechadora mecanizada, que hace largos recorridos, es necesario acudir a la comunicación inalámbrica, pues cualquier conexión con cable estorba el desempeño natural de estas máquinas y limita el libre movimiento del operador de la misma. Para incorporar esta característica al prototipo a desarrollar, una de las alternativas a manejar es la incorporación de tarjetas de comunicación inalámbrica WaveLAN [Wave]. Esta línea de productos incorpora una solución para dispositivos que

requieren comunicación serial, con la cual el diseño de los prototipos unidireccional y bidireccional no exige grandes cambios a su estructura clásica, los costos no son elevados y son de fácil comprensión por los ingenieros de informática y/o de sistemas.

### ***Tecnología WaveLAN [Wave]***

WaveLAN es un sistema de comunicaciones inalámbrica que ofrece conectividad a los usuarios de la red o entre equipos que deban comunicarse o transferir data, en cualquier lugar y momento. WaveLAN puede ser utilizado como una extensión inalámbrica de la red o como función independiente, como es el caso de la captura de datos combinados y enviados desde la cosechadora que recibe a su vez información de la tecnología GPS, para conocer su ubicación geostacionaria y tiempo de recorrido.

Como lo señala Ortega, Godoy y Ramos (2006), en cuanto a esta alternativa:

La comunicación inalámbrica de WaveLAN esta basada en tecnología de radio frecuencia. Los productos WaveLAN de 915 MHz se han vendido desde 1990 y están disponibles en muchos mercados. Los productos WaveLAN para 2.4GHz fueron liberados en 1992 y están certificados en más de 40 países alrededor del mundo. (p. 4)

Las tarjetas WaveLAN a 2.4 GHz se pueden ordenar con frecuencias específicas de operación. Estas tarjetas no requieren licencia. Utilizan la técnica conocida como Modulación de Secuencia Directa (DSS), la cual proporciona comunicaciones confiables, protección contra radioescuchas.

Con un código único, construido en los productos WaveLAN, la señal es "esparcida" o "ensanchada" múltiples veces sobre el ancho de banda. La señal se transmite utilizando varias frecuencias simultáneamente. Esta modulación hace que la transmisión de datos sea virtualmente inmune a la interferencia, evitando la necesidad de retransmitir continuamente.

La señal de radio aparecerá como ruido a los dispositivos que no puedan decodificar la señal. Solamente los receptores WaveLAN conocerán el código necesario para recobrar la señal y descodificar la señal original.

### ***Estándar CDPD***

Cellular Digital Packet Data (CDPD) es la tecnología que marca una nueva era en la comunicación inalámbrica de datos. Usando la infraestructura de la red celular existente y los canales de frecuencia, esta tecnología habilita a los operadores de las redes inalámbricas AMPS/D-AMPS, no sólo para ofrecerle servicios de voz sino también de datos en paquetes para Internet inalámbrico. Esto hace a AMPS/D-AMPS, el primer sistema celular global que soporta los dos servicios, voz y datos en paquete.

En particular, los especialistas Flickenger y Weeks (2006), señalan que: “La especificación del diseño para CDPD está basada en una arquitectura abierta, empleando estándares reconocidos y tecnología existente” (p. 45). De esta manera, según su propia experiencia el nuevo sistema de datos inalámbricos puede desplegarse rápida y competitivamente. En enero de 1995, se emitió la versión 1.1 de CDPD.

### ***Tecnología de CDPD***

CDPD optimiza el intercambio de paquetes, ya que la transferencia de datos es enrutada individualmente a través de la red. Esto mejora la transferencia de datos y hace uso óptimo del espectro de frecuencia. Dependiendo del perfil del tráfico y de las aplicaciones, muchos centenares de usuarios pueden compartir el mismo canal.

La tecnología de CDPD permite el transporte de datos con alta calidad. Como el nombre lo dice, CDPD es digital y trae con él asociado beneficios en el enlace

aéreo. La seguridad esta garantizada por métodos de encriptación automáticos de todos los datos y autenticación de todos los usuarios móviles.

### ***Módem CDPD***

Los módem CDPD proveen capacidad de transporte para aplicaciones fijas y móviles. Son utilizados para transmitir pequeños volúmenes de datos, además proveen una respuesta instantánea para procesar transacciones, ya que no tienen retardos en la marcación.

Los módem CDPD se ajustan para todo un conjunto de aplicaciones fijas y móviles, dentro de las que se pueden mencionar: telemetría, SCADA, seguridad pública, servicios financieros, etc. Estos módem permiten ingresar a la red interna de una empresa, para acceder a archivos y bases de datos, facilitando así el trabajo. Además permite el envío y recibo de correos electrónicos y la conexión a Internet de forma inalámbrica.

### **Tecnología 802.11 a, b, g**

Esta tecnología representa un estándar para las comunicaciones en redes de área local inalámbrica, aprobada por el comité IEEE, basado en el mismo marco de estándares que Ethernet, y que permite garantizar un excelente nivel de interoperatividad y asegura una implantación sencilla de las funciones y dispositivos de interconexión Ethernet/WLAN.

Según las especificaciones de Advento Networks (2008), se puede decir, que el estándar IEEE 802.11 está en constante desarrollo. Existen varios grupos de trabajo encargados de proponer y definir nuevas mejoras y apéndices al estándar WLAN. Por ello, el estándar 802.11 define varios métodos y tecnologías de transmisión para implantaciones de LAN inalámbricas. Este estándar no sólo engloba la tecnología de radiofrecuencia sino también la de infrarrojos. Asimismo, incluye varias técnicas de transmisión como:

- Modulación por saltos de frecuencia (FHSS)
- Espectro de extensión de secuencia directa (DSSS)
- Multiplexación por división en frecuencias octogonales (OFDM)

Todos estos enfoques distintos tienen la misma capa MAC implantada. La mayoría de los productos WLAN de 11 Mbps utilizan tecnología de radiofrecuencia (RF) y se sustentan en DSSS para la comunicación.

Al respecto, Advento Networks (op. cit), menciona que:

El DSSS funciona transmitiendo simultáneamente por varias frecuencias diferentes. De esta forma, se incrementa la probabilidad de que los datos transmitidos lleguen a su destino. Además, los patrones de bits redundantes, llamados “chips”, se incluyen en la señal. En cualquier momento, se reciben partes de la señal simultáneamente en las distintas frecuencias en el receptor. Para poder recibir y decodificar la señal completa de modo satisfactorio, la estación receptora debe conocer el patrón de decodificación correcto. Realizar el seguimiento y la decodificación de los datos durante la transmisión es extremadamente difícil. (p. 11)

Por otro lado, el salto de frecuencia FHSS, el cual es similar al DSSS, la segunda técnica importante de transmisión de espectro de extensión, es de hecho una señal de banda estrecha que cambia la frecuencia de un modo rápido y continuo.

Todos los productos electrónicos del mercado deben cumplir con unas normativas rigurosas sobre radiación electromagnética. Los organismos de estandarización nacionales, europeos e internacionales establecen las normativas con detalle para asegurar que las tecnologías inalámbricas no tengan consecuencias negativas sobre los diversos sistemas que utilizan tecnología de radiofrecuencia (RF). Los productos WLAN cumplen con estos estándares de seguridad y con las normativas de compatibilidad electromagnética (EMC).

Los productos WLAN utilizan un intervalo de frecuencia de 2,4 - 2,483 GHz que se reserva para aplicaciones y productos de RF.

Este intervalo operativo de frecuencia garantiza que no se produzcan conflictos con otros dispositivos de RF muy difundidos. Por ejemplo, no se producen interferencias de RF con sistemas de telefonía inalámbrica como los populares

teléfonos DECT europeos. Tampoco hay problemas con las aplicaciones de control remoto que utilizan la tecnología de frecuencia de 433 MHz.

Los productos de red inalámbrica son seguros no sólo respecto a otros productos electrónicos y de red, sino, lo que es más importante, respecto a las personas. Los productos de redes inalámbricas, estandarizados como IEEE 802.11, se han diseñado para usarse en oficinas y otros lugares de trabajo. Por lo tanto, emiten un grado reducido de energía, lo cual es inofensivo. De hecho, los niveles de energía son significativamente más bajos que las emisiones de los teléfonos GSM comunes, que funcionan a unos 2 W en el caso de teléfonos de clase 2 GSM (intervalo de frecuencia de 880-960 MHz).

Las funciones de la capa MAC IEEE 802.11 no sólo gestionan y coordinan el acceso al canal de transmisión, sino que hasta cierto punto se encargan de la autenticación y otras tareas de administración y seguridad.

En comparación con la Ethernet compartida, existen una serie de diferencias significativas que hay que tener en cuenta:

- CSMA/CA se utiliza para evitar colisiones en los paquetes de datos reales
- CS = detección de portadora
- MA = acceso múltiple (medio compartido)
- CA = evitación de colisiones
- "El problema de la estación oculta"

En la subcapa MAC de la capa Data Link, el estándar 802.11b utiliza el protocolo de control de acceso a medios (MAC) para acceso múltiple por detección de portadora con evitación de colisión (CSMA/CA).

La estación inalámbrica (estación 1) que tiene una trama para transmitir primero escucha (LBT: "Escuchar antes de hablar") en el medio inalámbrico para saber si otra estación está transmitiendo en ese momento (detección de portadora). Si el medio ya está ocupado, la estación inalámbrica calcula un tiempo de retirada aleatorio. La estación inalámbrica 1 tendrá que esperar a que este tiempo de retirada concluya para volver a detectar si hay alguna estación transmitiendo. Gracias a este



tiempo de retirada aleatorio, las distintas estaciones que están a la espera de transmitir no acaban haciéndolo todas al mismo tiempo y se evitan colisiones.

### **Bases Legales**

Con respecto a los fundamentos legales que están relacionados con este proyecto, la mayoría se circunscribe a los permisos reglamentarios para el uso de las licencias con respecto al software de programación y diseño, plataforma sobre el cual se corren o ejecutan los programas, y principalmente, al uso de los servicios de radiotelecomunicaciones, ya que en el mismo se utilizan equipos de radiofrecuencia para establecer comunicaciones entre el operador de las máquinas cosechadoras y la estación central de procesamiento y transmisión de datos.

Como se describe en la sección de “Recursos Lógicos” en el capítulo IV de la propuesta, en los equipos de computación se están utilizando Windows XP®, Windows Server 2003®, Visual Basic®, Base de Datos Access® y Crystal Report®; todos ellos han sido adquiridos legalmente en el concesionario autorizado de la localidad y en la ciudad de Caracas, por lo cual estas aplicaciones están correctamente protegidas por las leyes de derechos de autor y otros tratados internacionales, y por lo tanto no se encuentran fuera de ningún marco legal internacional o nacional que pueda originar o dar lugar a sanciones tanto civiles como penales, ni ser objeto de acciones judiciales en contra de la empresa Agropecuaria El Retorno, C.A., al ser aplicada para generar un diseño, modelo o prototipo de proyecto como el contemplado en el estudio.

En lo concerniente al uso de los equipos y aparatos de radio comunicaciones, como se están utilizando radio portátil comerciales marca Kenwood, modelo TK3230K, que funcionan en la banda UHF, y operan en la frecuencia de 460-470 Mhz de corto alcance, no existe prácticamente ninguna limitación, según lo señala el artículo 4 de la Ley Orgánica de radiotelecomunicaciones (2000), que textualmente controla la normativa para su uso: “A los efectos de esta Ley se define el espectro radioeléctrico como el conjunto de ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija

convencionalmente por debajo de tres mil gigahertz (3000 GHz) y que se propagan por el espacio sin guía artificial” (p. 3) Como se puede apreciar, el rango de estos equipos se encuentran por debajo de los 3000 Ghz.

Más específicamente, el artículo 23 de esta misma ley señala que:

No se requerirá habilitación administrativa para la instalación u operación de equipos o redes de telecomunicaciones, en los casos siguientes: (...)

2. Cuando se trate de equipos que, a pesar de utilizar porciones del espectro radioeléctrico, hayan sido calificados de uso libre por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones. (p. 11)

En este caso, los equipos son de corto alcance y por desempeñarse en el rango de 216-960 MHz, que corresponde a la penúltima categoría libre por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, conocido como CUNABAF, y que textualmente se describe en la Providencia Administrativa Nro. 863, que se presenta a continuación:

**Artículo 6.** Se reforma el artículo 5 de la siguiente manera:

**Artículo 5.** Condiciones de operabilidad.

A los fines de ser calificados como de uso libre, los equipos deberán reunir al menos una de las siguientes condiciones de operabilidad:

1. Presentar emisiones electromagnéticas con una intensidad de campo eléctrico, de acuerdo a la banda de frecuencia de operación del equipo, conforme a los límites máximos expuestos en la siguiente tabla: (p. 48)

**Tabla 1.**

Límites máximos de frecuencia.

Frecuencia de operación (MHz)	Intensidad de campo eléctrico ( $\mu\text{V/m}$ )	Distancia de medición (m)
0,009-0,490	2.400/F(kHz)	300
0,490-1,705	24.000/F(kHz)	30
1,705-30,0	30	30
30-88	100	3
88-216	150	3
216-960	200	3
Por encima de 960	500	3

**Fuente:** Comisión Nacional de Telecomunicaciones.

Por otro lado, en el portal Web de Conatel, aparece especificado la Providencia Administrativa por la cual se dicta la Reforma Parcial de las Condiciones para la Calificación de los Equipos de Uso Libre, publicado en la Gaceta Oficial Extraordinaria Nro. 5.831, de fecha 20 de diciembre de 2006, en donde se reafirma el uso libre sin necesidad de efectuar petición concesión para ser solicitada por los usuarios e intermediarios para el uso del espectro radioeléctrico del dominio público de la República Bolivariana de Venezuela.

### **Operacionalización de las Variables**

**Variable Independiente:** Transmisión de datos obtenidos a través de sistema GPS.

*Definición conceptual:* es el desarrollo de un modelo o prototipo de software que utilizando equipos GPS, puede ser aplicado para transmitir data (información procesada) vía inalámbrica desde las máquinas cosechadoras a una estación centralizadora que procese dicha data y luego le envíe por medio radial la información al operador de la cosechadora mecanizada para que aumente o disminuya su velocidad y efectúe su trabajo de recolección de la caña de azúcar de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante de estos equipos. En cuanto a los modelos de prototipo estos permiten presentar más rápido modelos de software y además facilitan valorar su adaptabilidad para cubrir las expectativas o requerimientos solicitados por los usuarios finales del modelo, asimismo hacer las consultas al mismo ante de desarrollarlo.

**Variable Dependiente:** Control de la velocidad por los operadores de las cosechadoras mecanizadas de caña de azúcar.

*Definición conceptual:* Sistema manual, mecánico o automático, que permite medir, almacenar y visualizar los parámetros de velocidad y ubicación de equipos, utilizando equipos de geoposicionamiento (GPS) y aparatos o elementos de

transmisión inalámbrica entre diferentes puntos en un área delimitada, todo ello para verificar si la velocidad en el corte de la caña de determinados equipos se ejecuta siguiendo ciertos parámetros especificados de antemano.

### **Glosario de Términos Técnicos**

**Administrador de Base de Datos:** Persona encargada de velar por la integridad de los datos y sus asociaciones, así como de autorizar las modificaciones que se desee hacer.

**AMPS/D-AMPS:** Acrónimo de *Advanced Mobile Phone Service*. Estándar para teléfonos celulares analógicos, ampliamente utilizados en Estados Unidos y en otros muchos países alrededor del mundo. ATT introdujo el estándar AMPS en 1983.

**Ancho de Banda (Bandwidth):** El ancho de banda de una antena es la gama de frecuencias de radio que puede transmitir o recibir eficazmente. El ancho de banda de un aparato de comunicación, como lo es el punto de acceso, es la gama de frecuencias utilizadas por, o asignadas, al aparato de comunicación. El ancho de banda a veces se emplea para describir el volumen de materia prima dado a una red de información. Las redes que conducen altas tasas de datos producen más resultados y tienen un ancho de banda mayor. Un mayor contenido de información usualmente requiere de más ancho de banda.

**Antena:** Un elemento del sistema inalámbrico que convierte energía eléctrica a ondas radiales inalámbricas, y las dirige al aire en un patrón. Banda Dual - Se refiere a una antena, a un aparato de comunicación, o, a otro dispositivo de radiofrecuencia (RF) que funciona en dos frecuencias diferentes (o bandas).

**Antenas Omnidireccionales:** Definimos una antena direccional como aquella que es capaz de radiar energía prácticamente en todas direcciones.

**Antenas Direccionales:** Son aquellas que han sido concebidas y construidas para favorecer que la mayor parte de la energía sea radiada en una dirección en concreto. Puede darse el caso en que se desee emitir en varias direcciones, pero

siempre estaremos hablando de un número de direcciones determinando así donde se encontrarán el lóbulo principal y los secundarios.

**Banco de Datos:** Colección de archivos de datos, de tipo histórico, utilizados para consultas específicas de algún tema en particular.

**Cosecha:** Temporada en que se recogen los frutos de la producción agrícola a gran escala, generalmente de un cultivo, que se recolecta de la tierra al llegar a la sazón o maduración del fruto de dicha planta; como el trigo, la cebada, uva, caña de azúcar, etc.

**CDMA:** Es una tecnología de comunicación inalámbrica que utiliza canales de radiofrecuencia más anchos junto con una densidad de modulación más alta para llevar el ancho de banda hasta los 2 Mbps.

**Data Link:** Circuito virtual en redes frame relay que identifica permanentemente el camino hacia un destino específico.

**Demodulación:** Proceso consistente en recuperar información contenida en una onda transmisora modulada.

**Finca:** Propiedad inmueble, rústica, generalmente ubicada en el medio rural y destinada a la producción agropecuaria.

**Frecuencia:** El número de veces que una honda electromagnética pasa por un ciclo completo en un segundo, medido en Hertzios (Hz).

**GHz:** Son unidades para medir la velocidad del procesador, un procesador opera a pasos, es decir que cada cierto tiempo, el procesador hace algo, luego pasa otro tiempo y el procesador hace otra cosa, esto se mide como ciclos por segundo, o sea que cuantos pasos hace tu procesador en un segundo, y la unidad de medida es el Hertzio que se abrevia Hz, cuando hablas de GHz te refieres a miles de millones de Hertzios.

**Hectárea:** Medida de superficie, utilizado en el agro, equivalente a 10.000 m<sup>2</sup>.

**GSM:** La tecnología GSM consiste en un sistema de comunicaciones inalámbricas que presta servicios de voz de alta calidad. La aplicación de esta tecnología a los terminales móviles ha provocado que el número de clientes total

supere al de cualquier otra tecnología conocida hasta el momento, siendo el número de usuarios superior a 1.275 millones en todo el mundo a finales del año 2004.

**IEEE:** Acrónimo de *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. Organización de profesionales de la electrónica y la ingeniería basada en los Estados Unidos, pero que tiene miembros en muchos otros países. El IEEE se centra en temas eléctricos, electrónicos, sobre ingeniería de computadoras y científicos, tratando de establecer estándares de comunicación, lenguaje, parámetros, etc.

**Integrador de Sistemas:** Los integradores de sistemas proveen diseño de ingeniería, distribución e instalación de sistemas inalámbricos. Los integradores de sistemas pueden ser distribuidores autorizados de varios dispositivos de sistemas.

**LAN:** Red de Área Local. También se le refiere como Ethernet.

**Lote:** Cada una de las parcelas en que se divide un terreno destinado a la producción agrícola.

**Mbps:** Un millón (mega) de bits por segundo.

**MHz:** Abreviatura de Megahertz (megahertz). Una medida de frecuencia equivalente a un millón de ciclos por segundos.

**Módem:** Acrónimo de modulador/demodulador. Un dispositivo de comunicaciones que permite a una computadora transmitir información a través de una línea telefónica estándar.

**Procesamiento de Datos:** Secuencia sistemática de operaciones realizadas sobre datos para obtener un resultado deseado.

**Procesamiento en Tiempo Real:** Técnica de procesamiento en que la actualización de los datos afectados por un evento se realiza a medida que sucede el evento causante.

**Proceso:** Manipular datos o realizar otras operaciones de acuerdo a un programa.

**Programa:** Secuencia de instrucciones que dirige a la computadora a realizar operaciones específicas para obtener un resultado deseado.

**Protocolo:** Definición del sistema de comunicación de una computadora. Acuerdo entre diferentes sistemas para trabajar conjuntamente bajo un estándar común. Conjunto de normas que permiten estandarizar un procedimiento repetitivo.

**Prueba de Escritorio:** Inspección visual de un programa para depurarlo antes de ejecutarlo en una computadora. Se realiza a mano.

**Proveedor de Servicio:** También se refiere a quienes proporcionan servicio inalámbrico o "carriers". Los proveedores de servicio venden minutos de uso (MOU) de subredes inalámbricas.

**Proveedor de Sistemas:** Un proveedor de sistemas fabrica y vende los elementos de un sistema inalámbrico o el sistema inalámbrico completo. Sus clientes son los integradores de sistema o proveedores de servicio.

**Punto de Acceso (PA):** Un transmisor y receptor o un elemento de radio que forma parte de una Red de Área Local (LAN) que actúa como punto de traspaso entre señales alámbricas a inalámbricas, y viceversa. El PA se conecta a las antenas y también a la red LAN.

**Repetidor:** Una estación de base instalada para aumentar el alcance de comunicación móvil "repitiendo" todo lo que escucha en su frecuencia receptora y lo pasa a frecuencia de transmisión. En un sistema inalámbrico dentro de un edificio, un repetidor generalmente consiste en una antena externa de alta ganancia combinada con un amplificador de señal bidireccional. Este repetidor luego se conecta a un DAS.

**Satélite:** Vehículo tripulado o no que se coloca en órbita alrededor de la Tierra o de otro astro, y que lleva aparatos apropiados para recoger información y retransmitirla.

**Sistema de Antenas Distribuidas (DAS):** Una red de elementos que generan una señal de frecuencia de radio (inalámbrica), la convierte a un medio en alambre, la transporta por un área, y la convierte de vuelta a una señal inalámbrica. Las DAS se emplean para llevar cubrimiento de frecuencias de radio dentro de un edificio para los usuarios ambulantes.

**Tablón:** Parcela de terreno sembrado de maíz, yuca, arroz o caña de azúcar, etc. que alcanza una extensión de 100 varas en cuadro.

**Tonelada:** Peso de 1000 kg.

**Tazas de Transmisión de Datos:** La velocidad de transmisión de datos se transmiten en una línea de comunicación, medida en bits (cuantos de información) por segundo.

**WAN:** *Wide Area Network* - Red de Area Amplia.

**Transmisión Análoga:** Transferencia eléctrica de una señal o una forma de onda de cambio continuo.

**Transmisión Asincrónica:** Método de transferencia de datos en el cual las unidades emisoras y receptoras no tienen igual velocidad. En la transmisión asincrónica cada carácter es transmitido por separado, que es un carácter a la vez. El carácter es precedido por un bit de inicio, que dice el final de recepción donde la codificación de carácter comienza, y es seguida de un bit de parada, que dice al receptor donde el carácter que codifica finales. Habrá intervalos del tiempo ideal en el canal mostrado como huecos. Así puede haber huecos entre dos caracteres adyacentes en el esquema de comunicación asincrónico. En este esquema, los bits dentro del fotograma de carácter (incluso principio, paridad y bits de parada) son enviados.

**Transmisión Digital:** Transferencia eléctrica de datos por señales discretas.

**Transmisión Sincrónica:** Método de transferencia eléctrica en el cual las velocidades de entrada y salida son iguales.

**Wi-Fi:** Fidelidad inalámbrica. Nombre y logo dado por la Alianza Inalámbrica de Compatibilidad *Ethernet* (WECA) a proveedores de sistemas inalámbricos cuyos Puntos de Acceso conforman con el estándar 802.11.

**WLAN:** Red de Área Local Inalámbrica.

**Zafra:** Tiempo que dura la cosecha de la caña de azúcar en una temporada.

**802.11b:** La revisión 802.11b del estándar original fue ratificada en [1999](#). 802.11b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbit/s y utiliza el mismo método de acceso [CSMA/CA](#) definido en el estándar original. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2.4 GHz. Debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbit/s sobre [TCP](#) y 7.1 Mbit/s sobre [UDP](#).



**802.11g:** En junio de 2003, se ratificó un tercer estándar de modulación: 802.11g. Que es la evolución del estándar 802.11b, Este utiliza la banda de 2.4 Ghz (al igual que el estándar 802.11b) pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, que en promedio es de 22.0 Mbit/s de velocidad real de transferencia. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias, buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **Tipo de Investigación**

Para el logro del desarrollo de la presente investigación se combinaron dos (2) tipos de metodología, las cuales fueron: (1) la investigación de campo, que según el Manual para la presentación del trabajo conducente al grado académico: especialización, maestría y doctorado de la UCLA (2002):

Se entenderá por investigación de campo la aplicación del método científico en el tratamiento de un sistema de variables y sus relaciones, las cuales conducen a conclusiones y al enriquecimiento de un campo del conocimiento o disciplina inherente a la Especialidad, con la sustentación de los experimentos y observaciones realizadas. (p. 63)

En este sentido, el problema planteado está referido a elaborar y diseñar un prototipo de software que incluya la aplicación de tecnologías de GPS y comunicación inalámbrica para tener el control y seguimiento de la cosechadora mecánica de la caña de azúcar en las diferentes fincas en la empresa Agropecuaria El Retorno, C.A., ubicada en Turén, Estado Portuguesa; por ello, la información se recabó directamente en el entorno real donde opera el prototipo y posterior sistema en su versión final, y por lo tanto interactúa en el medio, basado en datos reales y considerando todos los elementos y variables intervinientes de un medio agrícola típico de cultivo de caña de azúcar en la región centro occidental.

(2) Estudio de proyecto, que según el mismo manual vigente de la UCLA (2002), especifica:

Se entenderá por estudios de proyectos una proposición sustentada en un modelo viable para resolver un problema práctico planteado, tendente a

satisfacer necesidades institucionales o sociales y pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnología, métodos y procesos. Este tipo de estudio puede apoyarse tanto en la investigación de campo como en la investigación monográfica documental. (p. 63)

Esta metodología, también conocida como modalidad de proyecto factible en otras universidades (UPEL, 2007), comprendió el eje principal del estudio, ya que su intención se centró en resolver los problemas que actualmente tiene las fincas que aplican los procesos de corte de caña con el uso de cosechadoras mecanizadas, y que deben operar según las especificaciones técnicas muy precisas, dentro de cierto rango, los cuales actualmente se ejecutan según las habilidades y criterios del operador de la máquina, las observaciones del supervisor de cosecha, pero sin contar con equipos que permitan obtener una lectura exacta de la velocidad de recorrido en la cosecha, posición de la cosechadora dentro del área de la finca, tiempo empleado, entre otros aspectos.

En fin, la idea del diseño del prototipo fue plantear una solución a esta problemática para optimizar el proceso de la cosecha del cultivo de la caña de azúcar, y a la vez, poder experimentar la retroalimentación del sistema en tiempo real, de tal manera que tanto el operador, pueda corregir la velocidad y ajustarla al rango de tolerancia para un desempeño óptimo de la misma; y transfiriendo datos en forma constante a una estación central de recolección y procesamiento de información a través de un enlace inalámbrico.

Indudablemente el trabajo se sustentó sobre la base de las investigaciones previas documental y bibliográfica especializada en la temática de la tecnología de GPS, comunicación inalámbrica, protocolos de comunicación, cosechadoras mecanizadas. Es decir, se hicieron las revisiones de los aspectos teóricos-prácticos pertinentes.

El trabajo desarrollado se enmarcó dentro de la Línea de Investigación de Especialización en Tecnología de la Información y Comunicaciones, y más

específicamente en el área de la tecnología de GPS y comunicaciones por enlace inalámbrico.

## **Fases del Estudio**

### **Fase 1: Diagnóstica**

La primera fase de estudio en los proyectos factibles es fundamental, como lo señala Hernández (2008), ya que se concreta en la “Descripción de la situación problemática: análisis de una situación que presenta un déficit y necesita ser modificada” (p. 2). En este sentido, la fase diagnóstica en el presente trabajo comprendió el levantamiento de la información de todos los elementos que se encontraban en el entorno y que de una u otra manera intervenían o afectaban los requerimientos que se debían considerar en el diseño y elaboración del prototipo, es decir, principalmente se refirió al levantamiento de la data y la consulta a los potenciales usuarios del modelo definitivo, base para la configuración del diseño. En este sentido, se partió de la definición de la población y la muestra que suministró parte de base de datos para la entrada al sistema.

### **Población y Muestra**

La población o marco poblacional fue mixta, en el sentido que estaba conformada por un conjunto amplio de unidades de análisis del cual se obtuvo la data de entrada de los requerimientos para el diseño del prototipo, estas unidades de análisis u observación fueron las siguientes:

- (a) Siete (7) máquinas cosechadoras que estaban actualmente habilitadas. De estos equipos se tomaron las especificaciones técnicas para el trabajo de corte y recolección de la caña, en los aspectos de velocidad máxima, mínimo, promedio, consumo de combustible, capacidad de desplazamiento autónomo, antigüedad.

- (b) Censo de la diversidad de equipos GPS existentes en el mercado y los disponibles en la empresa, tomando de ellos las especificaciones técnicas.
- (c) Censo de diversidad de equipos de transmisión inalámbricos existentes en el mercado y los disponibles en la empresa, tomando de ellos las especificaciones técnicas.
- (d) Equipos de computación existentes en la empresa o centro de estación de recolección de datos y procesamiento de información.
- (e) Inventario codificado de la cantidad de parcelas por fincas.

Es importante destacar que esta población también forma parte de los recursos materiales del estudio, ya que debe recordarse que el eje central fue la construcción de un prototipo, por lo cual se previó en primera instancia, utilizar los recursos que actualmente tiene la empresa, que fueron a la vez, la fuente inicial que suministró la data que se procesó y la transmitió del prototipo a la estación central de recolección y procesamiento de información.

Con respecto a la muestra, la misma fue de tipo intencional y a juicio de la opinión del investigador, quien seleccionó escalonadamente los equipos que evaluó inicialmente para que comenzara a recibir la señal de los aparatos de GPS instalados en la cosechadora según el recorrido que efectuaban en cada parcela por finca, y la transmisión de esta data en forma inalámbrico a la estación central.

Seijas (2003), hace hincapié que los muestreos “intencionales u opináticos son aquellos en donde la ecuación personal del individuo está presente en la selección de la muestra” (p. 90), en otras palabras, el planificador del estudio es quien toma la responsabilidad de decidir cuál elemento va a conformar las unidades de análisis para el proceso de muestreo y que se tomaron como objeto de la observación.

### **Diseño de la Investigación o Procedimiento**

A fin de dar secuencia al conjunto de pasos, tareas y actividades en el diseño y desarrollo del prototipo de software operando con equipos GPS y transmisión de datos en forma inalámbrica, se procedió de la siguiente manera:

- (a) Observación en el campo de la forma en que se hacía el proceso de corte y recolección de la caña de azúcar con el uso de la cosechadora mecánica.
- (b) Levantamiento de notas, diagramación de las secuencias.
- (c) Levantamiento de los inventarios de los equipos y recursos tecnológicos disponibles y activos de la agropecuaria en cada una de las fincas.
- (d) Entrevista con los operadores sobre los criterios que utilizaban para operar las cosechadoras, dificultades que afrontaban en cada parcela, jornada y equipo.
- (e) Levantamiento de la información de requerimientos del propietario y usuario final del prototipo.
- (f) Estructuración de la información recopilada.
- (g) Levantamiento de la información de los equipos y recursos tecnológicos disponibles en el mercado.
- (h) Modelación y diseño del prototipo.
- (i) Pruebas parciales de los elementos que componen el prototipo: equipo GPS, instalación en una cosechadora, instalación de la tarjeta emisora-receptora de transmisión de datos, prueba en el equipo PC en la estación o centro de recolección de datos, retroalimentación y reenvío de la información vía radio al operador de la máquina cosechadora que se utilizó en la respectiva prueba.
- (j) Primera evaluación del prototipo.
- (k) Impresión del reporte de la velocidad de la cosechadora, en base a los datos recolectados.
- (l) Análisis de los resultados.

### **Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información**

La técnica para operar el prototipo se fundamentó en varios instrumentos, partiendo desde su inicio en la información que capturaba el equipo GPS, quien daba las coordenadas geográficas en donde se encontraba la cosechadora en un punto inicial  $X_1$ , luego una segunda medición suministraba la posición  $X_2$ , y así sucesivamente. Entre los puntos  $X_2-X_1$ , se obtenía los datos para determinar la

distancia y el tiempo empleado en cada máquina cosechadora, a fin de generar el banco de datos crudos en su origen (equipo GPS). Esta información se transmitía en forma de señal inalámbrica de la cosechadora de manera constante a la estación central de receptora de datos, donde se dispuso de un PC (computador) que almacenaba la información, y empezó a procesar la data cruda, calculando la velocidad, la posición, la identificación de punto geográfico en la parcela para una mayor precisión.

Una vez procesado estos datos y haberse determinado la velocidad, el sistema da una señal de alerta al supervisor de cosecha si una cosechadora está fuera de la velocidad permitida, siendo el supervisor de cosecha el encargado de dar la orden vía radio al operador de la cosechadora que se encuentre fuera del rango de velocidad recomendada. Es decir, le comunicará verbalmente si debe aumentar o disminuir la velocidad, para que la misma trabaje dentro del rango de parámetros establecidos para dicho equipo y según las condiciones de la parcela. Todo esto se efectuó en forma automática y en tiempo real.

Paralelamente, el software instalado en la estación central de recolección y procesamiento de datos, alimentó el banco de datos de geoposicionamiento, velocidad, recorrido y registro de tiempo, más otros datos de interés que se almacenaron, los cuales se imprimieron en papel y sometidos a procedimientos estadísticos para convertir dicha data en información relevante para la empresa agropecuaria.

### **Técnicas de Análisis de los Datos**

La técnica de análisis de datos partió del logro del almacenamiento de los registros enviados de la cosechadora a la estación central, es decir, un registro por cada lectura, y se almacenó la información que retroalimentaba al sistema, permitiendo calcular así la velocidad de la cosechadora en función de la diferencia en medidas de dos puntos y del tiempo recorrido en dicha distancia por la cosechadora.

En general, el programa de software pudo cubrir parte del procesamiento y análisis de los datos para constatar si estaba dentro de los parámetros permitidos de operabilidad de cada maquinaria (cosechadora).

## **Fase 2: Estudio de Factibilidad**

Según lo señala Hernández (op. cit.), el estudio de factibilidad “Corresponde a la segunda fase del proceso metodológico de la modalidad, donde se establecen los criterios que permiten asegurar el uso óptimo de los recursos empleados así como los efectos del proyecto en el área o sector al que se destina.” (p. 12)

Así, la determinación de la viabilidad del presente trabajo en el diseño, modelo o prototipo partió de la valoración a priori de las posibilidades de que se ejecutara en base a los elementos disponibles, es decir, independientemente de los resultados. En este particular, en los trabajos de investigación el norte se orienta a las probabilidades de que se genere un conocimiento, pero en los proyectos donde se aspira dar un aporte, se debe partir de evaluar si los recursos necesarios para su ejecución estén al alcance del investigador o de su equipo, bien sea con recursos propios, a través de financiamiento de tercero o la conformación de coordinaciones de trabajo conjunto de diferentes entidades u organismos. Por ello, se realizaron tres (3) tipos de pruebas de factibilidad: la operativa, la técnica y la financiera.

**Factibilidad Operativa:** La factibilidad fue real, ya que existía un compromiso formal de la Agropecuaria El Retorno, C.A., en la facilitación de la información, autorizando los permisos para efectuar las observaciones en las parcelas, suministrar algunos equipos técnicos, facilitando los manuales de especificaciones de las cosechadoras mecanizadas que estaban en servicio, la orden expresa al personal de colaborar suministrando información facilitó enormemente los procedimientos aplicados en las diferentes actividades técnicas internas, así como acceso total a las instalaciones administrativas y de campo, para el desarrollo del estudio de control y seguimiento de la cosecha mecánica de la caña de azúcar.



Por otro lado, la factibilidad operativa también abarcó la evaluación del diseño desarrollado, es decir, al prototipo de software aplicado en la agropecuaria, es decir, determinar si era benéfico y si tenía posibilidades de ser utilizados por los actuales operarios de la cosechadora mecanizada, de la estación central de procesamiento de datos para convertirse en un sistema de información que efectivamente pudo retroalimentar al primero cumpliendo así con los requerimientos operativos para el funcionamiento óptimo de las máquinas cosechadoras, por lo que ésta factibilidad requirió las pruebas necesarias para determinar si el sistema estuvo trabajando sin interrupciones, luego de su instalación y de la puesta en funcionamiento del modelo prototipo. Para determinar la factibilidad operativa, el estudio dio respuesta a las siguientes interrogantes:

- (a) ¿Existió suficiente apoyo para el proyecto por parte de la Gerencia, del personal de procesamiento de datos y los operadores de las máquinas cosechadoras?
- (b) ¿El sistema implantado es aceptado o la técnica aplicada permitió resolver los problemas de control de operación de las máquinas cosechadoras de la caña?
- (c) ¿Se produjo resistencia al cambio por parte de los operadores?
- (d) ¿Fueron aceptables los métodos aplicados de tal manera que redujeron los tiempos o el número de veces que se requería en los equipos cosechadores?
- (e) ¿Se confirmó que el nuevo prototipo de software incrementó el rendimiento en el proceso de corte y recolección del producto de la caña de azúcar?
- (f) ¿Los operadores y al resto del personal se involucró y se comprometieron en el éxito efectivo tanto en la planeación y desarrollo del prototipo?

Este conjunto de inquietudes fueron cubiertas en las diferentes etapas en que se desarrolló el proyecto, pues por más pequeño que parecía un aspecto relativo al funcionamiento del sistema, debió tomarse en cuenta, ya que de no haberlo hecho, pudo haber interrumpido el logro de los objetivos de la investigación y su implantación en la agropecuaria.

**Factibilidad Técnica:** La factibilidad técnica en el control de la cosecha mecanizada se basó en la aplicación de tecnologías existente y su acoplamiento entre

ellas para solucionar el problema planteado a la hora de controlar la cosechadora. Estas tecnologías en la actualidad están disponibles para todos como son la del posicionamiento global o GPS y la de transmisión de datos de forma inalámbrica ayudado por antenas de comunicación, tarjetas o modem de transmisión de datos.

En este sentido, cuando se planteó el diseño de un prototipo de software de comunicaciones inalámbrico y uso de la tecnología de GPS, fue indispensable tomar en cuenta todos los aspectos técnicos que se veían que estaban involucrados durante las diferentes etapas de desarrollo, algunos de estos aspectos son:

- (a) ¿Existía la tecnología necesaria en la empresa o se podía adquirir en el mercado local o nacional para hacer lo que se proponía?
- (b) ¿Los actuales equipos de PC (Hardware) tenían la capacidad técnica para almacenar los datos requeridos, transmitir y recibir data, y/o se podían adaptar el funcionamiento operacional al nuevo diseño del prototipo?
- (c) ¿El sistema propuesto y sus componentes proporcionaban respuestas adecuadas a las preguntas, sin importar el número o la ubicación de los usuarios?
- (d) ¿Se podía adecuar el sistema si se desarrollaba?, Es decir, que al aumentar el tamaño y la cantidad de información que procesaba el sistema, se podía adecuar rápidamente a este nuevo escenario o a futuros producto del crecimiento.
- (e) ¿Existía garantías de exactitud, confiabilidad de acceso y seguridad de los datos?

**Factibilidad Financiera:** Cuando se desarrolla un proyecto, se debe tener en cuenta el aspecto financiero del mismo, además debe considerarse como una buena inversión para la empresa, es decir los beneficios financieros deben igualar o exceder los costos financieros. Para poder determinar la factibilidad financiera en el presente trabajo fue necesario seguir ciertos pasos que a continuación se mencionan:

- (a) Se determinó el costo de llevar a cabo una investigación completa de sistemas.
- (b) Se determinó el costo de Hardware y Software para el tipo de aplicación recomendada.
- (c) Se determinó los beneficios en forma de reducción de costos, o menos errores costosos.

(d) Se determinó el costo si nada cambia, es decir si el sistema no se desarrolla.

En función de lo antes planteado se logró efectuar el siguiente cuadro resumen del estudio presupuestario para la puesta en marcha del diseño y desarrollo del prototipo de software utilizando tecnología GPS y transmisión inalámbrica de datos:

**Tabla 2.**

Erogaciones efectuadas por rubro de tarea.

<b>Erogaciones efectuadas por rubro de tarea</b>	<b>Monto BsF</b>
Búsqueda de información y adquisición de bibliografía	890,00
Traslados y viáticos	3.800,00
Adquisición de GPS, tarjetas inalámbricas y antenas.	7.670,00
Pago por servicios de recursos humanos contratados	6.900,00
Gastos no previsto de oficina (fotocopias, tinta)	2.750,00
<b>Total presupuestado ejecutado en el proyecto</b>	<b>22.010,00</b>

*Fuente:* Freitez, Freddy (2009).

### **Fase 3: Diseño de la Propuesta**

En esta tercera y última fase, se presenta los lineamientos seguidos por el investigador y su tutor en diseño, desarrollo y presentación del prototipo de software de comunicaciones inalámbricas que se incorporó al proceso de corte y recolección de la caña de azúcar, tomando como esquema de comunicación tres (3) puntos, la señal que envía el satélite al equipo GPS, la posición de la máquina cosechadora y la estación central de recolección y procesamiento de datos dentro de la finca donde están operando el prototipo.

En este sentido, el diseño en su primera etapa fue teórico, en función de la indagación sobre el conjunto de teorías y tecnologías disponibles para desarrollarla. Es lo que se conoce como diseño en papel o en planos, posteriormente, se concretó más formalmente con la realización del respectivo diagrama, algoritmo, utilizando el lenguaje de programación que más se adaptó en función de los equipos que se utilizaron, así como los enlaces que permitieron la comunicación y transmisión de la data desde el GPS, los equipos de transmisión inalámbrica y el equipo PC de la estación central.

También se incluyó en el diseño, el cálculo del costo aproximado de la unidad del prototipo, tomando en cuenta que la empresa agropecuaria, una vez que comprobó los resultados, está haciendo los estudios para fabricar el resto de las unidades del sistema para su instalación en el resto de las 18 fincas.

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA DEL ESTUDIO**

#### **Descripción de la Propuesta**

Debido a que el proyecto se circunscribió principalmente a la elaboración de un diseño de prototipo de software, la mayor responsabilidad en cuanto a dirección del recurso humano estuvo en manos del propio investigador, quien junto al tutor académico se encargaron de los aspectos de programación, elaboración de algoritmo, valoración de los componentes tecnológicos que pudieron adaptarse al modelo de este prototipo. Sin embargo, se consideró la experiencia de algunos otros colegas que ya habían interactuado en la empresa sobre dicha idea, la cual fue sugerida varias veces, pero no logró ser aceptada por los administradores y propietarios de la agropecuaria, ya que inicialmente la habían considerado como un gasto innecesario. En particular, los mayores aportes se concretaron en la determinación de la necesidad de la obtención de la data confiable que permitiera fijar un punto de referencia en cuanto a la velocidad que debían operar las cosechadoras para que fuera más eficiente en su trabajo, de tal forma que dicha data dispersa, se convirtiera en información valiosa dentro de un banco de datos interactivos GPS, Cosechadora, Estación Central y Operador.

En este sentido, parte de los aportes dados por los colegas, personal administrativo, técnico y obrero que se consideraron que aportaban información relevante para el presente estudio fueron: el equipo de operadores de las cosechadoras mecanizadas, los supervisores de cosecha, los ingenieros y peritos agrónomos que laboraron en las diferentes fincas, los propietarios, gerentes, administradores y capataces de las mismas, quienes suministraron los detalles de la extensión espacial

de los diferentes tablones, parcelas y áreas en que está sectorizada cada una de las fincas.

Además, éstos también suministraron valiosa información sobre la problemática más constante en el trabajo de la cosecha de la caña de azúcar, los volúmenes de producción, los procesos que se aplican, los controles que se efectúan para manipular la cosechadora, los gastos de mantenimiento, las paradas de las mismas, el cronograma de rotación de los equipos (maquinarias, tractores, cosechadoras, tolvas, camiones, etc.) por tablones, parcelas y fincas.

El personal que laboraba en la parte técnico-administrativa donde se instaló la estación central de recolección y procesamiento de la data que transmitía, a la cual se le dio el respectivo entrenamiento antes del inicio de las primeras pruebas parciales, a fin de que estuviera al tanto de lo que se perseguía obtener a través de la recolección de la data y su retransmisión al operador de cada cosechadora, facilitó enormemente el proceso de instalación, revisión e implementación del software del prototipo y por lo tanto el aprestamiento a la fase de supervisión durante todas las etapas mientras estuvo operando el mencionado modelo-prototipo, es decir, durante el tiempo que duró la zafra en las respectivas fincas.

## **Requerimientos para Desarrollar la Herramienta**

### **Recursos Físicos (Hardware)**

Posterior al levantamiento de la información se efectuó una evaluación de los materiales y equipos disponibles dentro de la agropecuaria para el desarrollo del presente proyecto de investigación, en particular al chequeo de: cosechadoras y sus manuales de especificaciones técnicas, equipos GPS disponibles, manual del usuario y sus condiciones o estado, equipo para la transmisión inalámbrica de datos, considerando desde teléfonos celulares, modem, tarjetas de transmisión por señal digital, sistema infrarrojo, computador adquirido para su uso exclusivo para el funcionamiento del prototipo de software, valorando su capacidad, velocidad,

de procesamiento, periféricos, unidades de almacenamiento, tarjetas de comunicación, etc.. En general, toda esta parte de recursos materiales, técnicos y logísticos, conformaron el logro del primer objetivo específico, es decir, el diagnóstico global del entorno dentro de la Agropecuaria El Retorno, C.A.

### **Recursos Lógicos (Software)**

Los recursos lógicos (software) que se usaron para desarrollar el prototipo en la Agropecuaria El Retorno, C.A., fueron todos programas propietarios y son los que se detallan a continuación:

- (a) Sistema operativo Windows XP®, instalado en los computadores portátiles de las cosechadoras mecanizadas.
- (b) Sistema Operativo Windows Server 2003®, instalado en la estación central de recolección de datos.
- (c) Lenguaje de programación Visual Basic®, versión 6.0 (sugerido por la agropecuaria).
- (d) Base de Datos Access®, versión 97 (sugerido por la agropecuaria).
- (e) Crystal Report®, versión 7.0.

### **Recursos Financieros**

Abarcó la estructura presupuestaria de los gastos. Sin embargo, de los planificados inicialmente en el proyecto, como se puede constatar en la página 52 de este trabajo, los mismos se incrementaron en 5.010,00 BsF, lo que representa un 29,47%, producto de la inflación y especulación de los proveedores de los equipos de GPS, y del resto de los elementos materiales incluidos como necesarios para el desarrollo del prototipo.

Estos recursos financieros se obtuvieron principalmente de la Agropecuaria El Retorno, C.A., quienes por ser los más interesados en disponer del prototipo, asumieron la casi totalidad del financiamiento del mismo, el cual fue tramitado ante

la Dirección de Presupuesto, a través de una partida para el desarrollo, investigación y puesta en marcha de proyectos de inversión. A pesar de este incremento, los mismos no fueron más elevados por cuanto la empresa ya poseía algunos de los equipos que fueron integrados en el diseño y construcción del modelo de prototipo, los cuales fueron facilitados en calidad de préstamo y recurso de apoyo mientras duró el período de prueba.

### **Diseño y Programación de la Herramienta**

El proceso de programación del prototipo para la Agropecuaria El Retorno, C.A., se desarrolló en dos (2) etapas. En la primera etapa se construyó el módulo que se instaló en las cosechadoras y el cual cumple con la función de conectarse a la Unidad Central de Datos y luego recolectar los datos del GPS, lo cual permite obtener la posición geoestacionaria de la máquina cada cuatro (4) segundos y es reenviado vía inalámbrica a la estación central de datos.

Para la segunda etapa se programó el prototipo que se instaló en la unidad central de datos donde se recopilan los datos de posicionamiento de las cosechadoras, y en la cual se calculará la velocidad de la cosechadora en forma automática utilizando el software, de tal forma que a través de la información presentada en la pantalla del monitor, el supervisor de la cosecha pueda informar a cada operario de las cosechadoras, si en un momento determinado se salen del rango establecido como parámetro mientras hace los recorridos en el proceso de recolección de la caña de azúcar en los diferentes tablonos que conforman las parcelas sembradas.

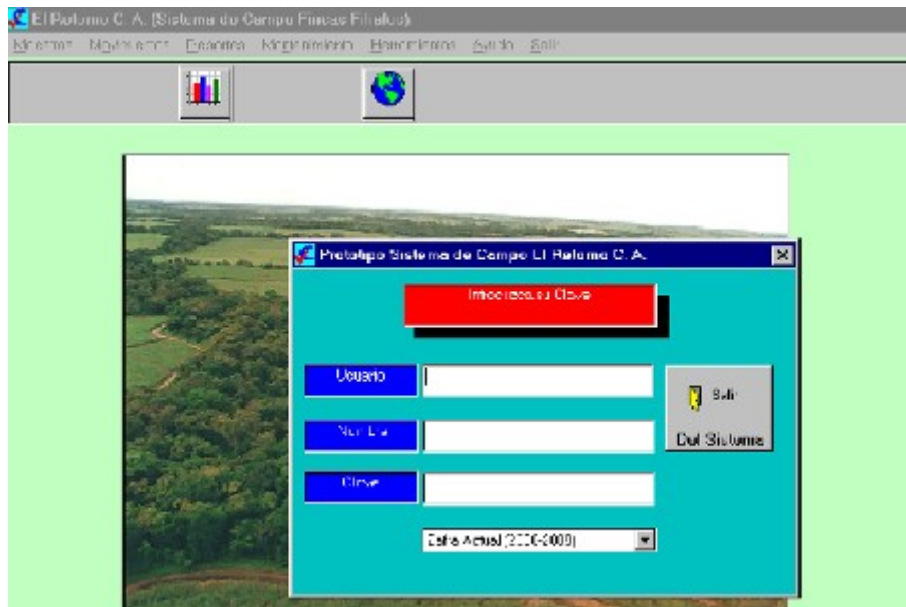
El prototipo del sistema monitorea constantemente y en tiempo real cada una de las cosechadoras y cuando una de estas máquinas no está a la velocidad de corte recomendada (entre 6 y 8 Km. por hora) le dará una alerta al supervisor de cosecha y éste a su vez por medio de radio llamará al operador de la cosechadora respectivo que no esté en el rango de velocidad permitida para que tome las medidas necesarias, bien sea para disminuir o incrementar la velocidad de la máquina, y así optimizar el proceso de la cosecha.



## Funcionalidad de la Herramienta

La siguiente sección es una de las partes más importantes de este trabajo ya que explica de manera sencilla, fácil y grafica el uso adecuado del prototipo, permitiendo de esta manera que el usuario rápidamente se familiarizarse con las funciones y potencialidades de la herramienta desarrollado. Existen tres (3) tipos de usuarios que pueden acceder a este programa que son: el administrador, que posee acceso ilimitado de las funciones del prototipo, el controlador de las cosechadoras o unidad central y el operador de las cosechadoras o unidades de envío de datos.

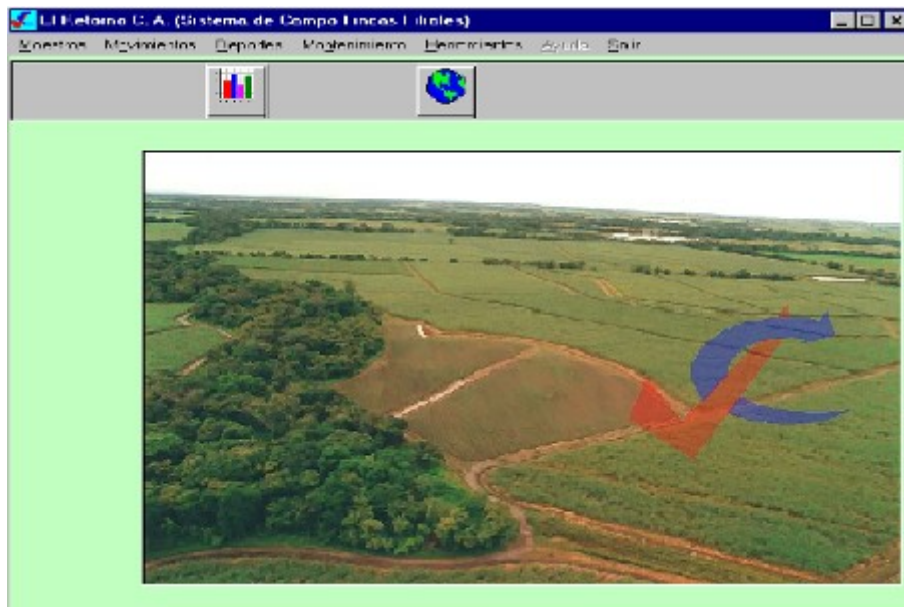
El prototipo al momento de ejecutarlo carga una pantalla inicial que podemos ver en la figura 4, la cual corresponde al modulo de seguridad en donde se le otorga acceso al sistema a un usuario autorizado con las funciones activadas que él puede manejar de acuerdo a su perfil.



**Figura 4.** Pantalla inicial del prototipo, solicitud del usuario y su clave.

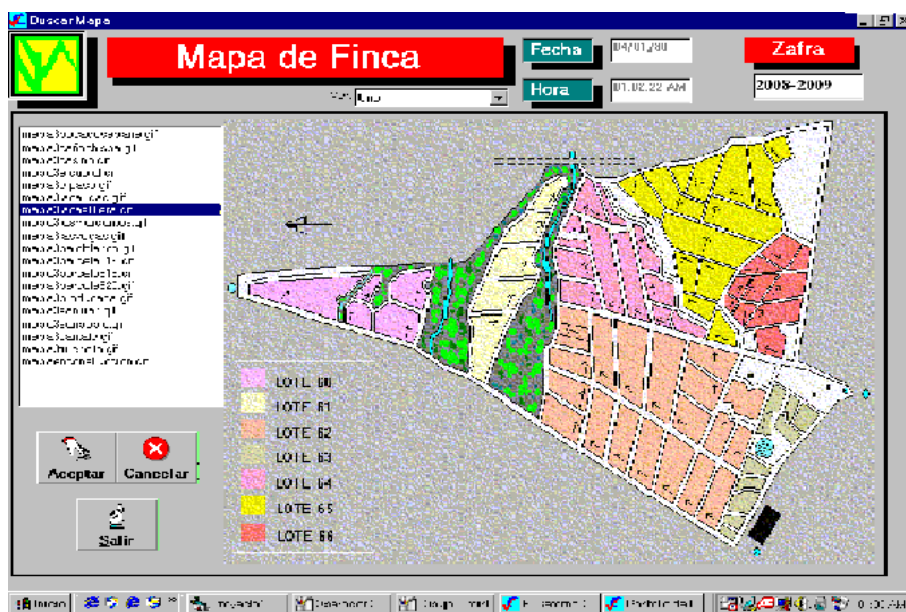
En la figura 5 se observa la pantalla principal del prototipo la cual está configurada de acuerdo al perfil del usuario autorizado, en este caso muestra la pantalla con todas sus funciones ya que es el perfil del administrador. Aquí se puede

apreciar el acceso al menú principal conformado por: Maestro, Movimientos, Reportes, Mantenimiento, Herramienta, Ayuda y Salir del prototipo. Además están dos iconos o botones que corresponden a las rutinas de la unidad central de datos y al operador de la cosechadora. Cuando se entra a la herramienta con la clave y el usuario que controla la unidad central de datos, aparece la misma pantalla solo que en el menú principal mostrara activada solo las rutinas que su perfil le permita operar en este caso el ícono de la izquierda. En el caso de que la clave y el usuario correspondan al operador de la maquinaria mostrará la misma pantalla con su perfil ya definido y con el botón a la derecha activado.



**Figura 5.** Pantalla del Menú Principal de la herramienta.

En la figura 6 que se muestra a continuación corresponde a la pantalla del maestro de finca, el cual tiene como función principal la de registrar, modificar o eliminar las fincas al prototipo, logrando de esta manera mantener actualizados los datos del maestro de finca en la base de datos. En esta pantalla también se puede apreciar el mapa digitalizado que le corresponde a cada una de las fincas pertenecientes a la Agropecuaria El Retorno, C.A. y datos de identificación de los lotes que posee la finca consultada así como a la zafra que pertenece.



**Figura 6.** Pantalla del maestro de fincas.

En la figura 7 se muestra la pantalla del maestro de lotes que son las unidades de terreno que conforman una finca y estos lotes a su vez están conformados por varios tabloncillos siendo esta la menor unidad de medida dentro del esquema de la finca. En esta figura se pueden apreciar datos concerniente a cada uno de los lotes que le pertenecen a una finca específica, el botón “Buscar Mapas” tiene como función seleccionar el mapa del lote que le corresponde, el botón “Consultar” muestra todos los lotes de la finca registrados en la herramienta, otros botones son el de guardar nuevos lotes creados, el de modificar lotes ya existentes, el de eliminar lotes y de salir

de la rutina. En la parte derecha de la pantalla se aprecian los botones de desplazamiento de los registros de lotes que posee la base de datos.



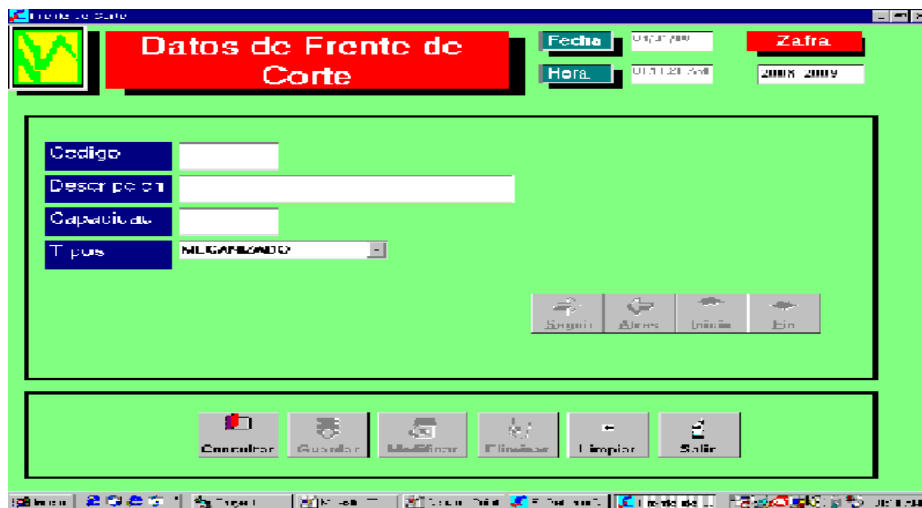
*Figura 7.* Pantalla del maestro de lotes.

En la figura 8 corresponde a la pantalla del maestro de tablonos siendo esta una de las rutinas de mayor uso e importancia dentro de la herramienta, ya que esta contiene las características físicas y las medidas exactas de cada uno de los tablonos, unidad fundamental que conforma un lote y este a su vez a una finca. En esta pantalla se pueden consultar, guardar, modificar y eliminar tablonos que les pertenecen a una finca y un lote específico. También posee un arreglo de botones en la parte derecha que permiten moverse con facilidad dentro de los registros del maestro de tablonos.



**Figura 8.** Pantalla del maestro de tablones.

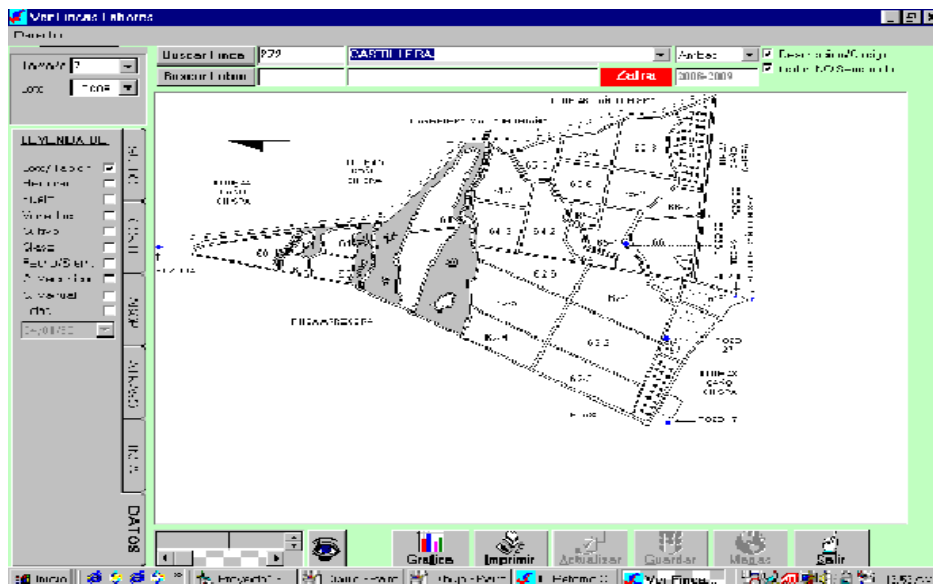
En la figura 9 se presenta la pantalla de maestro de frente corte (cosechadoras) en la cual se puede consultar, guardar, modificar y eliminar una cosechadora.



**Figura 9.** Pantalla del maestro de frente de corte.

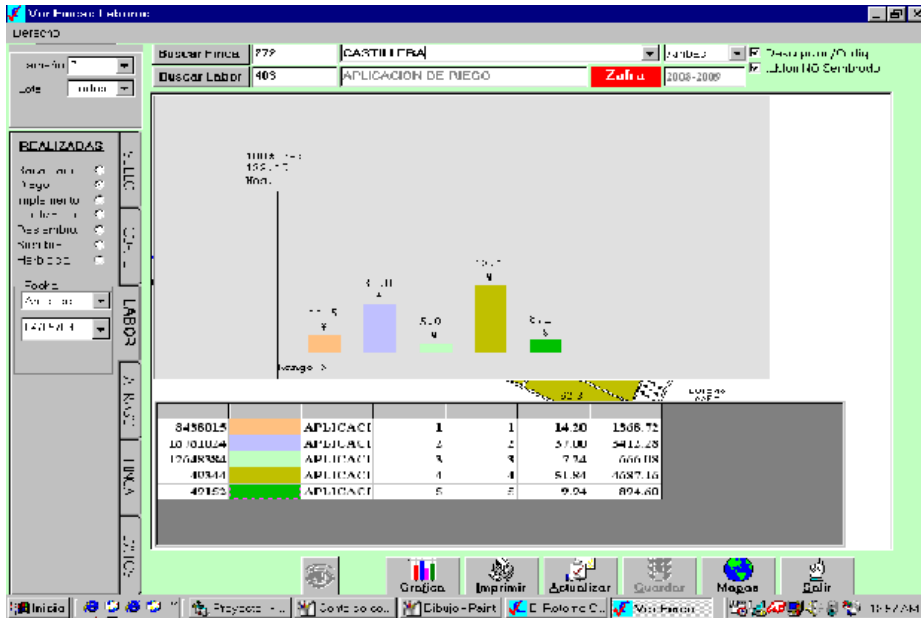
En la figura 10 se muestra una de las rutinas más importante de esta herramienta, esta pantalla del prototipo se carga automáticamente al entrar el usuario con su clave, siendo la persona que opera el centro de control de datos y que tiene la función de monitorear todas las cosechadoras en funcionamiento y que están transmitiendo de forma inalámbrica su posición geográfica al momento de cosechar la caña de azúcar. En esta parte del prototipo es donde se lleva a cabo el cálculo de la velocidad de cada una de las cosechadoras que están asignadas a la labor de corte de una área específica dentro de la finca seleccionada para el corte, y es aquí donde el supervisor de cosecha mantiene el seguimiento de las velocidades de las maquinas.

Cuando el prototipo detecta que una o más cosechadoras están fuera del rango de velocidad permitida, este da una señal de advertencia al supervisor señalando cual o cuales de las maquinarias es la causante del problema y a qué velocidad se desplaza. En ese momento el supervisor está en la obligación de ordenar vía radio a los operadores de las cosechadoras que están incumpliendo con la velocidad permitida para que tomen los correctivos necesarios y así controlar los daños al cultivo y la pérdida de tiempo que se transforman en mayores costos de producción.



**Figura 10.** Pantalla del centro de control.

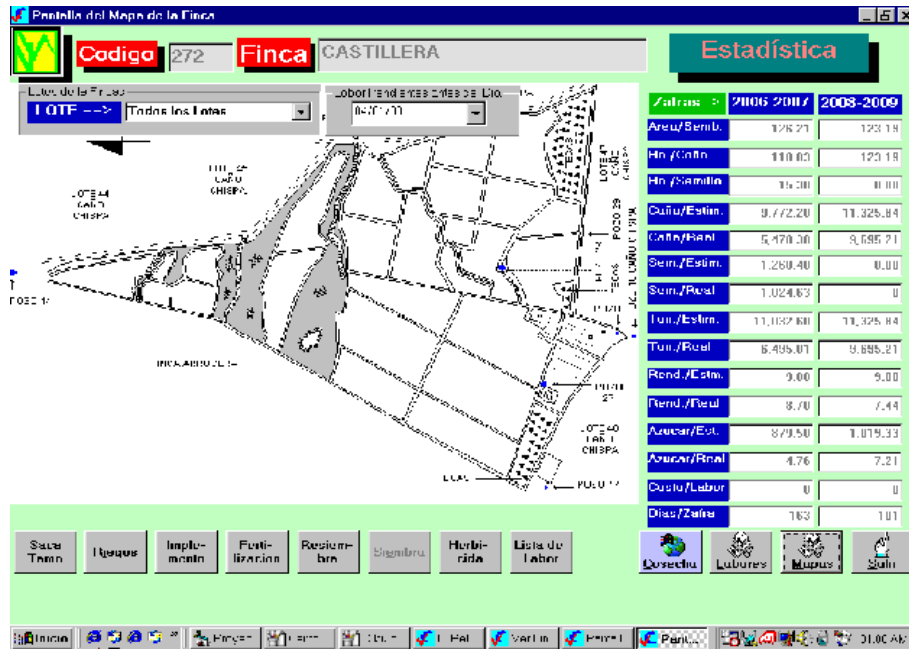
En esta pantalla también el usuario tiene acceso mediante botones a graficas de velocidad, datos de lectura de los GPS, datos muy específicos de la finca y también tiene acceso a información de los lotes y tablonos mostrados en la figura 11, tales como clase de caña sembrada, edad, variedad y suelos.



**Figura 11.** Pantalla del centro de control datos.

La figura 12 corresponde a la pantalla que se le presenta al operador de la cosechadora cuando este introduzca su usuario con su clave, luego que estos pasos sean cumplidos el prototipo se encargará automáticamente de buscar la conexión vía inalámbrica con la unidad central de datos hasta que se conecte y pueda transmitir su posición geográfica, en ese momento le informa al usuario que la conexión fue exitosa sin que el operador tenga que ver más con la herramienta. En caso contrario en que el prototipo no logre conectarse le dará un aviso al operador de la cosechadora, informándole que la conexión con la unidad central de datos no fue exitosa y seguirá intentando la comunicación hasta lograrlo, teniendo como un máximo seis (6) intentos, si en el último no se puede conectar con la unidad central de

datos, el operador podrá seleccionar en que la herramienta siga intentando la conexión o salir de la herramienta.



**Figura 12.** Pantalla del operador de la cosechadora.

Las figuras que se presentan a continuación que son las figuras 13, 14 y 15 son las pantallas de los reportes estadísticos de las velocidades de cada una de las cosechadoras, las hectáreas cultivadas y los tiempos empleados. Todos estos datos servirán para estudios posteriores y así mejorar el proceso de la cosecha del cultivo de caña de azúcar, por ser esta la etapa más importante del ciclo del cultivo se le debe prestar mayor atención, para lograr una mayor eficiencia en el corte y así pueda influir en el aumento de la producción y el de minimizar los costos por pérdida de tiempo y daños en el cultivo.



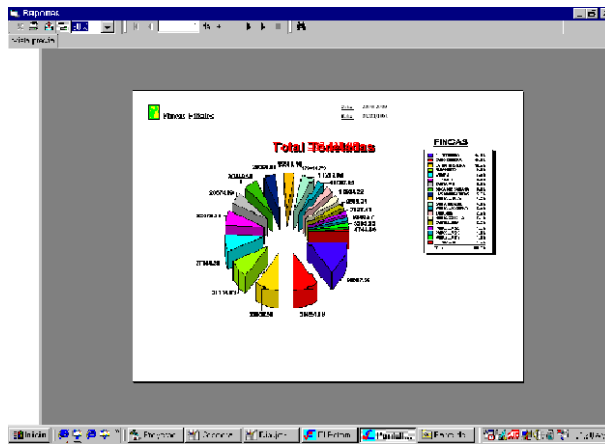


Figura 13. Pantalla de reporte estadísticos 1.

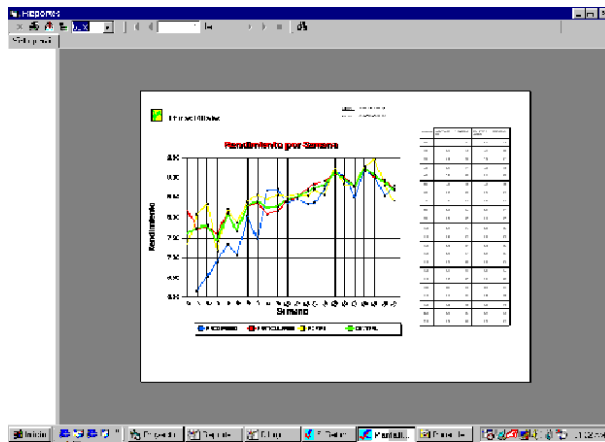


Figura 14. Pantalla de reporte estadísticos 2.

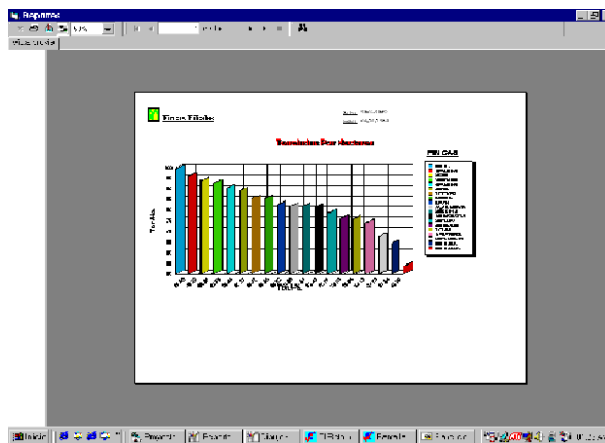


Figura 15. Pantalla de reporte estadísticos 3.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

En los proyectos factibles, la misma dinámica en el desarrollo progresivo de sus diferentes fases va marcando el alcance de los diferentes objetivos planificados en la propuesta inicial del proyecto. Por ello, tomando en consideración que no fue necesario determinar la necesidad de la ejecución del proyecto, sino más bien, la valoración de la situación real en cuanto a elementos disponibles en la empresa para la realización viable del diseño de un prototipo de software utilizando una tecnología particular como son los sistema de GPS y la transmisión de datos a través de un enlace inalámbrico, que permitirá mejorar el rendimiento de las máquinas cosechadoras mecanizadas en una finca productora de caña de azúcar, se puede deducir las siguientes conclusiones:

En cuanto al primer objetivo, se pudo efectuar un inventario pormenorizado de todos los recursos disponibles en la empresa Agropecuaria El Retorno, C.A., en particular a la determinación de las características de los equipos (o máquinas) cosechadoras mecanizadas, los equipos digitales GPS, que ya tenían la empresa, los existentes en el mercado local, regional y nacional, a los cuales se podían acceder para su adquisición en función del presupuesto financiero, los aparatos de transmisión y recepción de data, el equipo de computación para la transcripción, almacenamiento y generación de la información requerida para dicho control y la notificación final al operador. Se puede concluir, que bajo las actuales circunstancias favorables en la implementación y aceptación de la propuesta, desde los altos niveles directivos hasta del propio personal que opera las cosechadoras, están interesado en que dicho

proyecto se experimente y se lleve a cabo a título de prototipo, y así evaluar su efectividad en el desarrollo del trabajo para una cosecha más efectiva.

Por lo tanto, las condiciones estuvieron favorables desde el inicio, las características de los equipos disponibles y los que se pudieron adquirir en el mercado local, permitieron efectuar el diseño teórico y práctico del prototipo que se aplicó en el campo de trabajo.

Con respecto al segundo objetivo, al disponer de los manuales y las especificaciones técnicas de los equipos y la tecnología GPS existente en la empresa y la ofertada en el mercado local de nuevos dispositivos, se pudo precisar que el **Garmin GPS MAP 296**, reunía todos los requerimientos operativos en el entorno geográfico y características propias para ser instrumentado en el campo. Igualmente, los costos, aunque se incrementaron en más de un 20% desde la fecha de inicio del proyecto hasta el momento de la adquisición de los equipos, los mismos pudieron ser cubiertos por la empresa, a pesar de que se excedieron del presupuesto aprobado en su primera fase; los cuales en la mayoría de los casos, se pueden imputar a propios de la situación del mercado nacional, donde la especulación y las restricciones para la adquisición de equipos del exterior están marcados por el vaivén en el mercado de los precios de los artículos importados a través del dólar paralelo.

En referencia a la conveniencia de tomar uno de los diferentes protocolos de comunicación o enlace inalámbrico, y que el mismo se adaptara a la topografía del terreno, a las características de los equipos existentes y adquiridos para la transmisión de datos hacia la unidad central de recolección y procesamiento de datos con el operador de las máquinas cosechadoras, se decide seleccionar el protocolo NMEA 0183; en primer lugar, porque ya viene incorporado en los diferentes comandos operativos de la mayoría de los receptores GPS, los radio transmisores, celulares y otros medios de transferencia de data. Además, es un medio que ha sido aceptado como estándar por la organización estadounidense *National Marine Electronics Association*. Por lo tanto, si más adelante se desea efectuar modificaciones, incrementar algunos servicios colaterales adicionales aparte del posicionamiento, se

puede aprovechar el protocolo para valorar su potencial de adaptación y controlar otros sistemas o integrarlo a uno de mayor envergadura.

En cuanto al modelo propuesto en el capítulo VI, el mismo aparece bien especificado y descrito en cuanto a sus características, pantallas interactivas con el usuario operador del centro de control y procesamiento de información, de tal manera que pueda efectuarse un seguimiento como un sistema integral, o un prototipo que se pudo aplicar en modelo de finca real bajo ciertas condiciones propias de la zona, de la empresa, de los mecanismos de cosecha que aplica, en terrenos casi planos, y en las condiciones geográficas específicas para la comunicación inalámbrica de datos, es decir, se aplicó en tiempo real, demostrándose que era posible su implementación como proyecto de prototipo en la captura de datos geoestacionarios desde la cosechadora, permitiendo un control en cuanto a tiempo y espacio recorrido por este tipo de máquinas.

Finalmente, en cuanto a la evaluación del modelo, se hicieron dos pruebas con el prototipo. En la primera se calculó la velocidad de la cosechadora sin que el supervisor de cosecha, le comunicara al operario de la máquina, cuando esta estaba fuera del rango de velocidad permitida, arrojando como resultado que en un treinta y cinco por ciento (35 %) del área cosechada del lote tablón, se excedió del tope de velocidad. En la segunda prueba, se hizo la misma evaluación, solo que en esta ocasión, el supervisor de cosecha, controló al operario de la cosechadora, en las ocasiones en que este estaba fuera de rango de la velocidad permitida, cuando el prototipo instalado así lo indicaba; trayendo como resultado que solo el cinco por ciento (5%) de las hectáreas cosechadas del lote tablón, sobrepasaron la velocidad recomendada. Asimismo, se considera que el mismo pasó la prueba de factibilidad, pues la empresa agropecuaria decidió continuar aplicándolo al resto de las 18 fincas para el presente año, ya que pudo comprobar mejoras sustanciales en las condiciones en que quedaban las parcelas, una vez que las cosechadoras terminaban de pasar por el lote tablón de la finca incluida en el proyecto de estudio, arrojando mejores resultados en el rendimiento de la cosecha de la caña de azúcar, menor daño al cultivo por el desprendimiento de las plantas, disminución sustancial de los costos de

mantenimiento de las cuchillas de corte de la maquina, reducción en el tiempo de parada de las máquinas para realizar ajustes, y mayor seguridad en el trabajo que efectúa el operador de cada cosechadora mecánica.

### **Recomendaciones**

En base las deducciones presentadas en la sección de conclusiones, se dan a continuación las siguientes sugerencias a fin de tomar lineamientos estándar para la aplicación del modelo de prototipo a las demás parcelas, entre estas están:

- (a) Mantener reuniones de trabajo con los directores y personal de cosecha de la empresa para intercambio de ideas que puedan mejorar el prototipo.
- (b) Establecer un tiempo prudencial para continuar la fase de implementación en el resto de las parcelas, se sugiere que ese tiempo deberá ser de dos (2) lapsos de zafra, de esta manera se podrá ver las posibles dificultades cuando se trasmite y se almacena la información y como ha sido incorporada a una base de datos histórica, y que luego permitirá efectuar correcciones en el siguiente período de cosecha en las primeras parcelas experimentales.
- (c) Efectuar un análisis de tendencias en cuanto al rendimiento de azúcar y daños al cultivo, obtenidos en parcelas estudiadas bajo parámetros de igualdad de condiciones de cultivo. Unas de estas parcelas de control, en donde se haga una cosecha mecanizada tradicional y otras, donde se esté utilizando el prototipo para controlar la velocidad de las cosechadoras mecanizadas, a fin de efectuar un análisis comparativo entre ambas y disponer así de un elemento estadístico confiable en la toma de decisiones para la incorporación del resto de las parcelas.
- (d) Buscar alternativas para la construcción de los equipos o modelos de prototipo, consultando a tutores en la UNEXPO, Ingeniería electrónica e Informática, para ver la posibilidad de diferentes modelos más eficientes, sencillos y de menor costo para su configuración bajo estas condiciones de entornos en empresas cosechadoras de caña de azúcar.

(e) Paralelamente se puede ir capturando la data con respecto a mediciones de: toneladas de producto cosechada por tablones, lotes y finca, tiempo empleado por hectárea y tablones, costo de insumos y combustibles por hectárea y tablones, los cuales pueden ser incluidos en una base de datos mayor, para diferentes fines de control de rentabilidad de la mencionada agropecuaria, generando estadísticas en cuanto a niveles de producción, tiempo programado versus tiempo empleado que pueda servir de aplicación para controlar en tiempo real a las cosechadoras para futuras zafras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Advento Networks (2008). *Tecnología 802.11*. [Portal en Línea]. Localización: <http://www.e-advento.com/soluciones/wlan.php> [Consulta: 2008, Oct. 22].
- Biagi, N. y Magalhaes, P. (2001). *Sistema de monitoreo de la cosecha de caña de azúcar para elaborar mapas de rendimiento*. [Artículo en línea]. Localización: <http://www.agriculturadeprecision.org/monrend/sistemamonitoreocaniaazucaparaMapasRendimiento.htm> Facultad de Ingeniería Agrícola-Unicamp-INTA-Argentina. [Consulta: 2008, Octubre 11].
- Comisión Nacional de telecomunicaciones (CONATEL, 2009). Espectro radioeléctrico. [Portal en Línea]. Localización: <http://www.conatel.gov.ve/espectroradioelectrico.asp> [Consulta: 2009, Mayo 10].
- Da Silva, R. y otros. (2008). *Control estadístico aplicado al proceso de cosecha mecánica de la caña de azúcar*. [Artículo en línea]. Localización: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162008000200010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000200010&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt) Brasil. [Consulta: 2008, Oct. 11].
- El Nacional, Editorial (2007). *Auge de la Caña de Azúcar*. Edición Especial Aniversaria. Cuerpo C. p. C-5.
- Flickenger, R. y Weeks, R. (2006). *Wireless; los mejores trucos*. 2a edic. Madrid (España): Ediciones Anaya Multimedia.
- Gómez, F. (2002). *Caña de azúcar*. 4ª reimpresión. Unión de Productores de Azúcar de Venezuela (UPAVE). Caracas: Talleres litográficos de Edicanpa, s.r.l.
- Hernández, A. (2008). *El Proyecto Factible como Modalidad en la Investigación Educativa*. [Artículo en Línea]. Decanato de Medicina de la UCLA. Localización: <http://www.ucla.edu.ve/dmedicin/departamentos/medicinapreventivasocial/seb/investigacion/factible.pdf> [Consulta: 2009, Marzo 22].
- Lalchand, S. (2007). *Diseño de circuitos integrados de RF para un receptor WLAN en la banda de 5 Ghz sobre una tecnología de silicio de bajo coste*. [Tesis en Línea]. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. (Tesis doctoral). Localización: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaites?codigo=14666> [Consulta: 2008, Oct. 22].

- Ley Orgánica de Radiotelecomunicaciones (2000). [Publicada en Gaceta Oficial N° 36.970 de la República Bolivariana de Venezuela. Caracas, lunes 12 de junio de 2000.](#)
- Ministerio: Ministerio de Agricultura y Tierras-MAT (2007). *Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2001-2007 (PDESN). Programa: Misión Zamora.* [Artículo en línea]. Localización: <http://fegs.gerenciasocial.org.ve/paginas/MMINISTERIODEAGRICULTURAY.html> [Consulta: 2008, Sept. 20].
- Molina, L. (2005). *Historia de la tecnología del azúcar en Venezuela (siglos XVIII y XIX).* Universidad Central de Venezuela, Escuela de Antropología Departamento de Arqueología, Etnohistoria y Ecología Cultural Residencia Vargas 2 Ciudad Universitaria Caracas.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (FAO) (2008). *Azúcar; perspectivas alimenticias 2008.* [Artículo en Línea]. Localización: <http://www.fao.org/docrep/004/x7434s/x7434s09.htm> [Consulta: 2008, Agosto 22].
- Ortega, H., Godoy, V. y Ramos, C. (2006). *Prototipo de un Sistema de Captura de Movimiento.* [Artículo en línea]. Localización: <http://www.dpye.iimas.unam.mx/mocap/MocapSystemSP.html> Dirección General de Servicios de Cómputo Académico, UNAM. Maestría en Ciencia e Ingeniería de la Computación. México. [Consulta: 2008, Sept. 21].
- Pelliza, A. (2006). *Transmisión de datos.* [Artículo en Línea]. Localización: <http://www.hcdsc.gov.ar/biblioteca/ISES/educacion/ciencias%20de%20la%20comunicacion/Transmision%20de%20datos.pdf> [Consulta: 2008, Oct. 14].
- Pereyra, G. (2000). *El uso del prototipo en el ciclo de desarrollo de sistema.* [Artículo en Línea]. Localización: <http://www.monografias.com/trabajos12/proto/proto.shtml> [Consulta: 2008, Junio 8].
- Pérez, M. (2005). *Aplicación de minería de datos para la predicción del rendimiento de la caña de azúcar.* Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”- Decanato de Ciencias y Tecnología. Postgrado en Ciencias de la Computación. Tesis de Maestría. Barquisimeto: Mimeografiado.
- Rodríguez, M. (2005). *Venezuela en la ruta comercial azucarera: su impacto en la sociedad sucrense.* Revista de Ciencias sociales (Ve). Abril, año/vol. XI, número 001. Universidad del Zulia. Maracaibo (Venezuela). Mimeografiado.
- Seijas, F. (2003). *Investigación por muestreo. 4ª edición.* Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Unidad de Publicación y Reproducciones. Caracas: FACES/UCV.



Valdés, A. (2004). *ProCort: Sistema Automatizado para la Organización de la Cosecha de la Caña de Azúcar*. [Artículo en Línea]. Localización: <http://www.monografias.com/trabajos50/programacioncosecha/programacion-cosecha2.shtml> [Consulta: 2008, abril 23].

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) (2002). *Manual para la Presentación de Trabajo de Grado*. Barquisimeto. Material Mimeografiado.

# **ANEXOS**

## Anexo A

(Resumen Curriculum Vitae del Autor)

### DATOS PERSONALES

Nombres y Apellidos: Freddy Antonio Freitez Sanchez.  
Cédula de Identidad: V.- 9.619.428.  
Lugar y Fecha de Nacimiento: Barqto.-Lara 03/10/1967.  
Sexo: Masculino.  
Estado Civil: Soltero.  
Dirección de Habitación: Carreara 18 esq. Calle 49 Piso 6-2.  
E-Mail: [ffreitez@hotmail.com](mailto:ffreitez@hotmail.com) / [freitezfreddy@gmail.com](mailto:freitezfreddy@gmail.com)  
Teléfono: 0414-4706190 / 0414-3517822 / 0251-2371110.



### ESTUDIOS

#### Postgrado

2009. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA) Barqto.-Lara Vzla.  
Estudiando: *Especialización “Sistemas de Información y Comunicaciones.”*  
2009. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA) Barqto.-Lara Vzla.  
Título Obtenido: *Diplomado en Docencia Universitaria.*

#### Pregrado

1999. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA) Barqto.-Lara Vzla.  
Título Obtenido: *Analista de Sistemas.*

### EXPERIENCIA LABORAL

- 1995 hasta el presente. En Virtual Computer, C.A. Cargo Gerente de Sistemas.  
1999 hasta el presente. En Agropecuaria El Retorno, C.A. Cargo Asesor de Sistemas.  
1994 hasta 1995. En Colegio Fermín Toro, Cargo Asistente Jefe de Informática.  
1994 hasta 1995. En Colegio Fermín Toro, Cargo Profesor de Cursos de Informática.

### CURSOS REALIZADOS

2005. Aplicación de Tecnología en GPS en Trabajos de Topografía y Cartografía.  
Duración: 30 horas, Colegio Administradores del Edo.- Lara.  
2004. Microsoft Windows Server 2003. Duración: 60 horas, CUFT.  
2003. CCNA Cisco. Duración: 1 año, CISCO.  
2002. Curso de Java. Duración: 1 año, CISCO.  
2002 JSP. Duración: 1 año, CISCO.

**Anexo B**

(Fotografías: Finca de caña de azúcar, de la Agropecuaria El Retorno, C.A.)



**Anexo C**  
(Maquinaria de la Agropecuaria el Retorno, C.A.)



## Anexo D

(Equipos de radio de la Agropecuaria El Retorno, C.A.)



<ul style="list-style-type: none"> <li>Radio HF Aficionados</li> <li>Radio Aéreo</li> <li>Radio Marino</li> <li>Radio para Aficionados</li> <li>Radio Banda Civil (CB)</li> <li>Accesorios</li> <li>Ver todas las Categorías</li> <li><b>Alarmas Electrónicas</b></li> <li>Cercas Electrónicas</li> <li>Detectores de Humo</li> <li>Detectores de Movimiento</li> <li>Detectores de Vibración / Impacto / Ruído</li> <li>Teclados para Paneles</li> <li>Sistemas Contra Incendio</li> <li>Sistema de Alarma CROW</li> <li>Sistema de Alarma HONEYWELL</li> <li>Sistema de Alarma PIMA</li> <li>Sistemas de Automatización</li> <li>Ver todas las Categorías</li> <li><b>Cercas Cercado de Televisión</b></li> <li>Cámaras</li> </ul>	 <p><b>TK3230K KENWOOD</b> <b>RADIO PORTÁTIL</b></p> <p>Radio ProTalk XL 5. UHF.</p> <p>Precio \$ 224.00 Dls.</p> <p><a href="#">Disponible</a></p> <p></p> <p><b>KENWOOD</b></p> <p><b>Características</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Potencia 1,5 Watts.</li> <li>-Operación de 460-470 Mhz.</li> <li>-Expiración de canales (SCAN)</li> <li>-Tones CTCSS / DCS seleccionable por usuario</li> <li>-Enciptor de voz interconstruido</li> <li>-Pantalla iluminada y con indicador de nivel de batería.</li> <li>-Temporizador de transmisión.</li> <li>-16 Canales programables por software.</li> <li>-Conector de accesorios de audio compatible con radios KENWOOD comerciales</li> <li>-Cargador rápido incluido.</li> <li>-Potencia 1 watt o 500 mW</li> <li>-Operación a manos libres (VOX) interconstruida.</li> <li>-Monitor.</li> <li>-Candado de teclas.</li> <li>-Tones de alerta de llamada (10 tonos para TK-3230).</li> <li>-3 años de garantía.</li> <li>-Cumple con estándares militares MIL STD 810 C, D, E y F</li> </ul>
--	--