

Desarrollo de un sistema de inventarios para el manejo de desechos

Yahaira Atencio Gómez.¹
Juan Carlos Salas Jiménez.²

A diferencia de cualquier otro proceso productivo, el manejo de los desechos requiere un procedimiento no convencional para el Control de Inventarios, ya que en las líneas de producción regulares se cuenta con materias primas que pasan por una transformación, del cual finalmente se obtiene un producto terminado y desechos.

Palabras clave

Sistema de inventarios para desechos industriales, sistema de inventarios para materiales de desechos industriales, bases de datos para desechos industriales, inventario de desechos industriales para reciclaje y reutilización.

Resumen

A diferencia de cualquier otro proceso productivo, el manejo de los desechos requiere un procedimiento no convencional para el Control de Inventarios, ya que en las líneas de producción regulares se cuenta con materias primas que pasan por

una transformación, del cual finalmente se obtiene un producto terminado y desechos. Véase figura 1.

Para el caso del manejo de desechos, se realiza una operación inversa al proceso productivo habitual, ya que de los desechos obtenidos al final de la producción, se generan materias primas para micros, medianas y pequeñas empresas. Véase figura 2.

Por lo tanto, los desechos que se reciben originalmente son procesados mediante los diferentes procedimientos desarrollados, de los cuales se obtiene materia prima (reciclada o reutilizada) y los desechos que no pueden ser recuperados. Pero

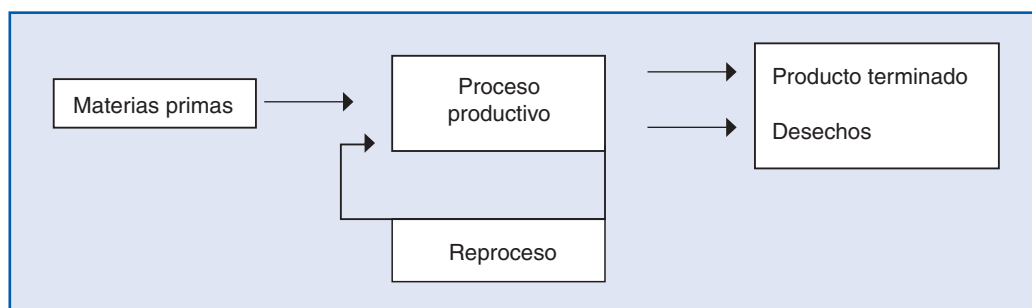


Figura 1. Modelo convencional de producción.

1. Estudiante de Ingeniería en Producción Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: yahed18@yahoo.com
2. Profesor-Investigador Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: jcsalas@itcr.ac.cr

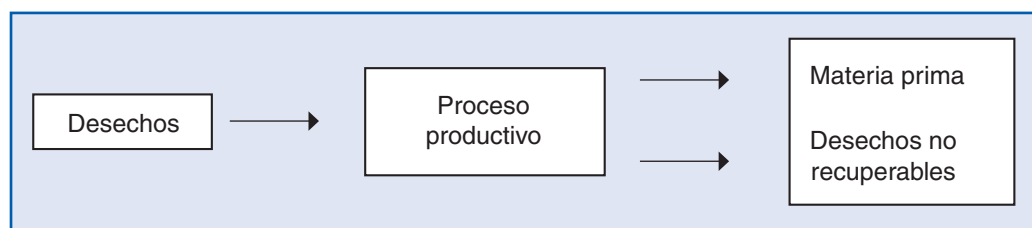


Figura 2. Modelo productivo de manejo de desechos.

¿cómo llegan estos desechos al proceso de recuperación? Esta es precisamente la razón por la cual no es tan sencillo diseñar, desarrollar e implementar un sistema con el cual llevar los registros de materiales que ingresan y sus posteriores egresos (venta o desecho).

precisar con claridad la cantidad ni el tipo de desecho recibido. Asimismo, los documentos legales³ que deben ser el respaldo de las cantidades donadas por las empresas, regularmente no concuerdan con los totales o simplemente no vienen desglosados por tipo de desecho.

Definición del problema

El Proyecto Mermas, desarrollado en el Parque Industrial de Cartago, con el fin de darle un manejo técnico y administrativo a los desechos industriales de este, en sus inicios, utilizaba registros en hojas electrónicas de *Microsoft Excell®*, los cuales se llevaban por separado. Por un lado se registraban las entradas de los materiales recuperados diariamente y por otro se registraban las ventas en otro libro. Debido a esta separación de la información, en los meses anteriores a la implantación del sistema no se cuenta con histórico real de las existencias.

Otro aspecto importante por mencionar, es que las encargadas de entradas y salidas de inventarios no utilizaban criterios unificados en cuanto a los códigos de productos y unidades de medida de estos, lo cual generaba grandes inconsistencias en los cierres mensuales.

Al recibir los materiales de la mayoría de las recolectados sin ninguna separación, en el momento de la descarga, no se puede

Solución implementada

El comportamiento irregular de los desechos generó la necesidad de diseñar, desarrollar e implantar un sistema de control de inventarios. El objetivo de este es llevar un registro sencillo de ingresos y egresos de los materiales recuperados, así como un registro de los materiales no recuperables y los enviados a coproceso en la Fábrica de Cemento. Finalmente, se diseñó un Informe Mensual de Inventarios, en el que se desglosan las cantidades reales de materiales recuperados, desechados y coprocesados, mediante el cual se puede determinar la cantidad de materiales ingresados en el proceso durante un período determinado. Con el paso del tiempo, la implementación del sistema (*INVENTARIOS*) ha permitido expandir su uso en otros campos contables. Para el desarrollo del sistema, se aprovechó el aporte de un estudiante de Ing. en Producción Industrial.

3 Actas de donación de materiales, en el caso del Parque Industrial de Cartago.

Metodología

1. Se desarrolló un sistema de codificación alfanumérico con el cual se identificó cada uno de los materiales recuperados, los cuales, a su vez, pertenecen a una categoría según el tipo de material de fabricación. Esto permitió mejorar el sistema de contabilización de las cantidades de materiales por recuperar. Por ejemplo: Si inicialmente ingresan 100 kg de plástico que forman una sola pieza, al procesarlo estos 100 kg se separan en 20 kg de polietileno de inyección, 40 kg de polietileno de baja densidad, 20 kg de PVC flexible y 20 kg de material no recuperable; posteriormente, se venden según la clasificación, el total por categoría debe ser igual a la cantidad inicial. A medida que se vayan reciclando o reutilizando materiales que inicialmente no se habían identificado, deben codificarse y asignarse a la categoría correspondiente. Véase figura 3.
2. Se diseñaron boletas para el registro de materiales para control interno, las cuales serían el respaldo impreso de la información registrada en la base de datos.
A continuación se explican las boletas diseñadas para el Proyecto Merma:
 - a) *Boleta de Registro de Materiales:* sirve para registrar diariamente

Se diseñaron etiquetas para rotular los materiales recuperados, de manera que al ser almacenados sean fácilmente identificables por la información de origen (código, fecha de ingreso y operario responsable).

los materiales recuperados en cada una de las áreas de trabajo.

- b) *Boleta de Confección de Factura:* se utiliza para que los encargados de ventas detallen los materiales y precios correspondientes que deben ser facturados al cliente.
 - c) *Boleta de Salida de Materiales:* es la boleta requerida para sacar de la planta y del parque industrial los materiales comprados.
 - d) *Boleta de Salida de Materiales no recuperables:* es la boleta requerida para sacar de la planta y del parque industrial los materiales que van a ser desechados.
 - e) *Boleta de Requisición de Materiales:* es la boleta en la cual se registran los materiales que se trasladan dentro de la planta, ya sea para empaque u otros, que ya han sido inventariados.
3. Se diseñaron etiquetas para rotular los materiales recuperados, de manera que al ser almacenados sean fácilmente identificables por la información de origen (código, fecha de ingreso y operario responsable).
 4. Se desarrolló un modelo conceptual de la base de datos, donde se indican las variables y atributos de estas, como también las relaciones que debían existir entre cada una de ellas, y el tipo de relaciones.

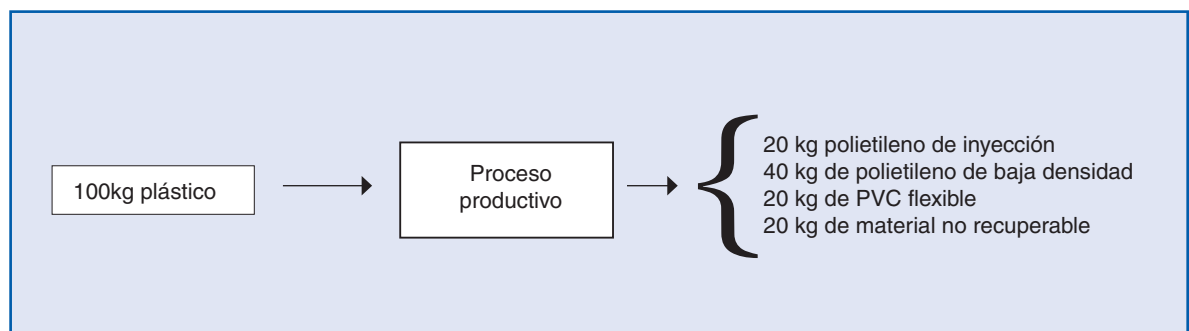


Figura 3. Ejemplo de balance de materiales ingresados y egresados.

5. Se desarrolló una base de datos en *Microsoft Access®* versión 2000, con algunas aplicaciones en *Visual Basic®* 6.0, cuyo diseño flexible permitió ser mejorada y complementada con otros módulos para manejo de cuentas por cobrar y desarrollo de informes.
6. Se desarrolló un Manual de Usuario detallado de la base de datos.
7. Se documentaron los procedimientos para el manejo del Sistema de Inventarios, Manejo Interno de Mermas y el proceso Recolección.

Son precisamente estas etapas iniciales las que hacen del sistema desarrollado para el control de inventarios del Proyecto Mermas algo innovador, ya que requirió mucha dedicación para identificar las variables importantes y su posterior proceso de implantación. Cabe rescatar que la parte más crítica del sistema está formalizada y documentada, por lo que permitirá un proceso de mejora más sencillo, ya que se cuenta con la experiencia adquirida y un modelo desarrollado, el cual ha comprobado su utilidad por más de año y ocho meses de uso.

Proceso para el manejo de la información de los materiales del proyecto mermas

Al descargar los materiales (mezclados), estos deben sufrir una separación inicial, con la cual se descartan los que no pueden recuperarse; los restantes son enviados a los diferentes puestos de trabajo, donde serán procesados (clasificados, cortados, compactados, molidos y empacados) según el tipo de material. Una vez empacados, se cuantifican según la unidad de medida correspondiente. Seguidamente, deben ser anotados en las hojas denominadas “Registro de Materiales”, las cuales posteriormente se envían a la responsable de Ingreso de datos, quien se encarga

de hacer el registro en el sistema como material disponible para la venta.

Cada vez que los materiales se vendan, el egreso de estos debe ser registrado en la base de datos, donde también se confecciona la factura, de forma tal que con un solo registro, la persona puede obtener la factura impresa y mantener la información que formará parte del Informe Mensual de Inventarios, Cuentas por Cobrar, Análisis de Producción Mensual y Facturas y Recibos.

Medidas de control

Además de las validaciones existentes en la base de datos para evitar errores en la digitación de datos, es necesario realizar revisiones periódicas tanto de las facturas como de los Registros de Materiales Producidos con los cuales se alimenta la base de datos.

Para realizar el Informe Mensual de Inventarios (véase figura 4), es necesario que los valores ingresados y egresados concuerden con las existencias reales, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Existencias} = \text{Material ingresado} + \text{Existencias del mes anterior} - \text{Ventas del mes}$$

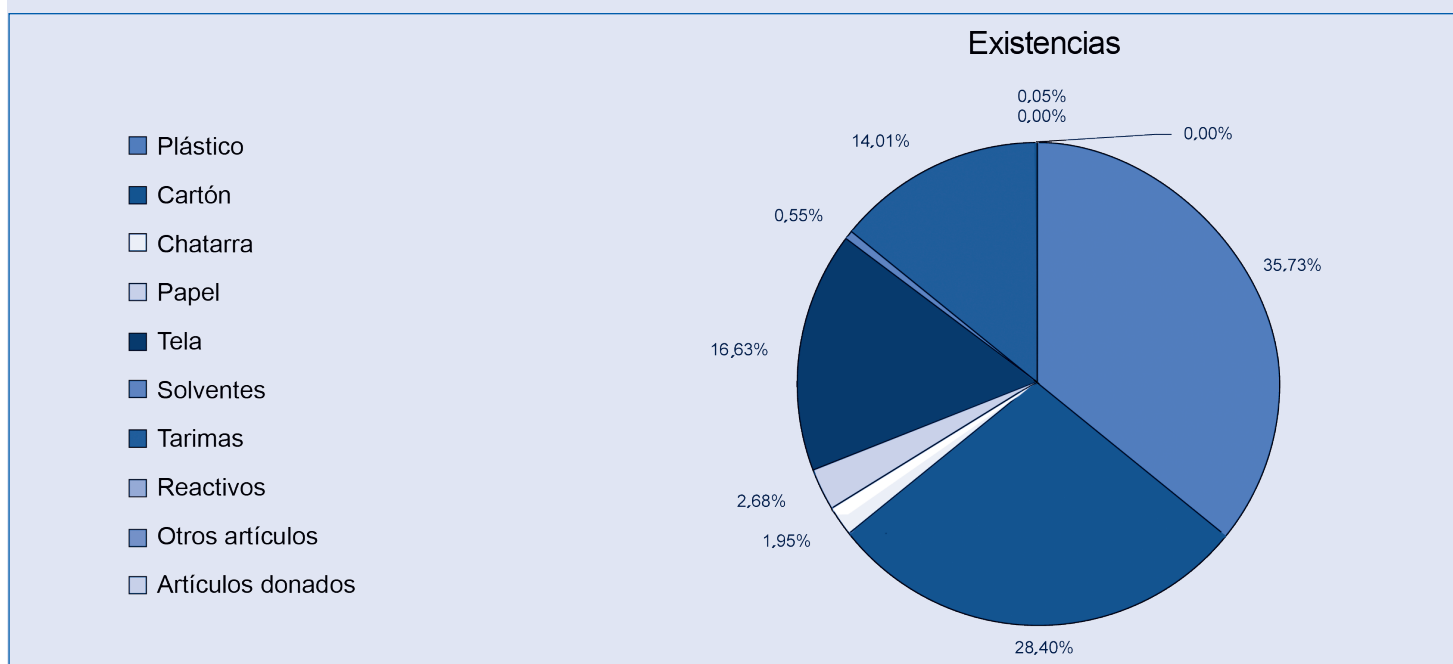
Por lo tanto, cuando se realiza el informe se pueden detectar problemas que se presentaron en el transcurso del mes y que no se hayan detectado en las revisiones semanales. Estos errores pueden consistir en problemas de digitación de datos (Encargado de Facturación y Secretaría) o errores en llenado de boletas (Operarios Encargados de Áreas o Encargado de Ventas).

Además, como medida de control, es necesario realizar Inventarios Físicos de los materiales con un período máximo de tres meses entre cada uno de ellos. Por otra parte, se debe desarrollar un sistema de muestreo aleatorio simple, con el cual

Resumen de datos de materiales inventariados.

	Categorías de Materiales	Total Ingresado (kg) *	Total Egresado (kg) *	Existencias mes anterior (kg)	Existencias actuales (kg)	% Entradas	% Salidas	% Existencias
1	Plástico	73286,15	75295,20	12647,10	9718,05	34,90%	35,73%	36,72%
2	Cartón	56584,36	59841,62	9103,78	5846,52	26,95%	28,40%	22,09%
3	Chatarra	4107,00	4102,00	0,90	5,90	1,96%	1,95%	0,02%
4	Papel	3340,80	5637,00	5771,50	3475,30	1,59%	2,68%	13,13%
5	Tela	35002,70	35048,50	81,90	36,10	16,67%	16,63%	0,14%
6	Solventes	1150,00	1150,00	0,00	0,00	0,55%	0,55%	0,00%
7	Tarimas	36400,00	29524,00	506,00	7382,00	17,33%	14,01%	27,89%
8	Reactivos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%
9	Otros artículos	110,00	110,00	0,00	0,00	0,05%	0,05%	0,00%
10	Artículos donados		0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00%	0,00%
	Total (Corregido)	209981,01	210708,32	28111,18	26463,87	-	-	-

	Cantidad	Porcentaje
Total de material ingresado	234471,01	---
Total de materiales recuperados*	209981,01	89,56%
Total de basura del mes	24490,00	11,66%



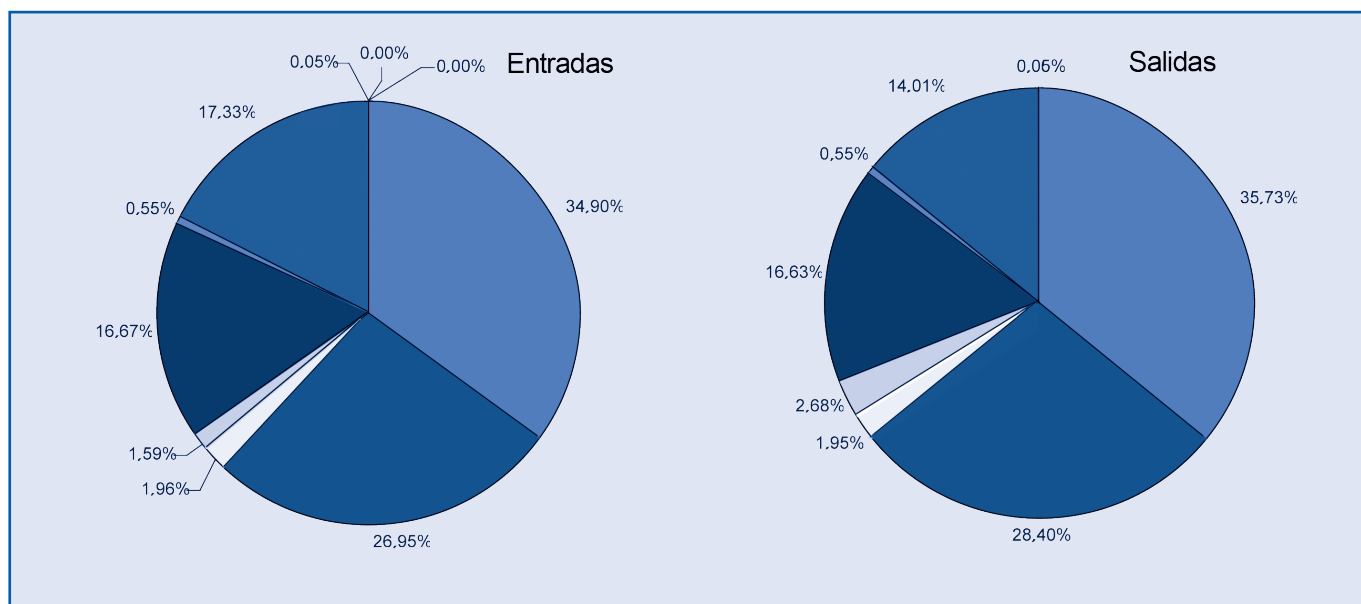


Figura 4. Resumen de informe mensual de inventarios.

se realicen revisiones periódicas a los materiales catalogados como de mayor importancia.

De igual forma, es necesario utilizar indicadores para medir el desempeño, sobre todo en cuanto a la Rotación de Inventarios, ya que este proceso es de alto volumen y se necesita, por lo tanto, una alta rotación para que el proceso no colapse.

Además, se deben clasificar los materiales según su aporte económico y dificultad de manejo (Clasificación ABC), de manera que se asignen los recursos adecuadamente, ya que la finalidad de este tipo de empresa no solo contempla beneficios económicos, sino, también, sociales y ambientales.

Como punto importante para garantizar el éxito de la implantación del sistema, se requiere que las personas comprendan la magnitud que podrían tener sus errores en la generación final de la información.

Otro de los módulos importantes que debe contener una base de datos integral para este tipo de proceso, son las cuentas por cobrar, ya que con estas se puede determinar si un cliente puede o no comprar material a crédito, de acuerdo con los plazos establecidos para cancelación de facturas.

Resultados

La base de datos INVENTARIOS proporciona información que permite verificar las entradas, salidas y existencias de cada producto registrado, en lapsos dados, ya sea en pantalla o impreso.

Al implementar el sistema, se ha logrado conocer las cantidades de materiales que se reciclan por mes, lo cual ha contribuido al desarrollo de estrategias para enfocarse en los materiales con menor rotación y finalmente disminuir las existencias mensuales.

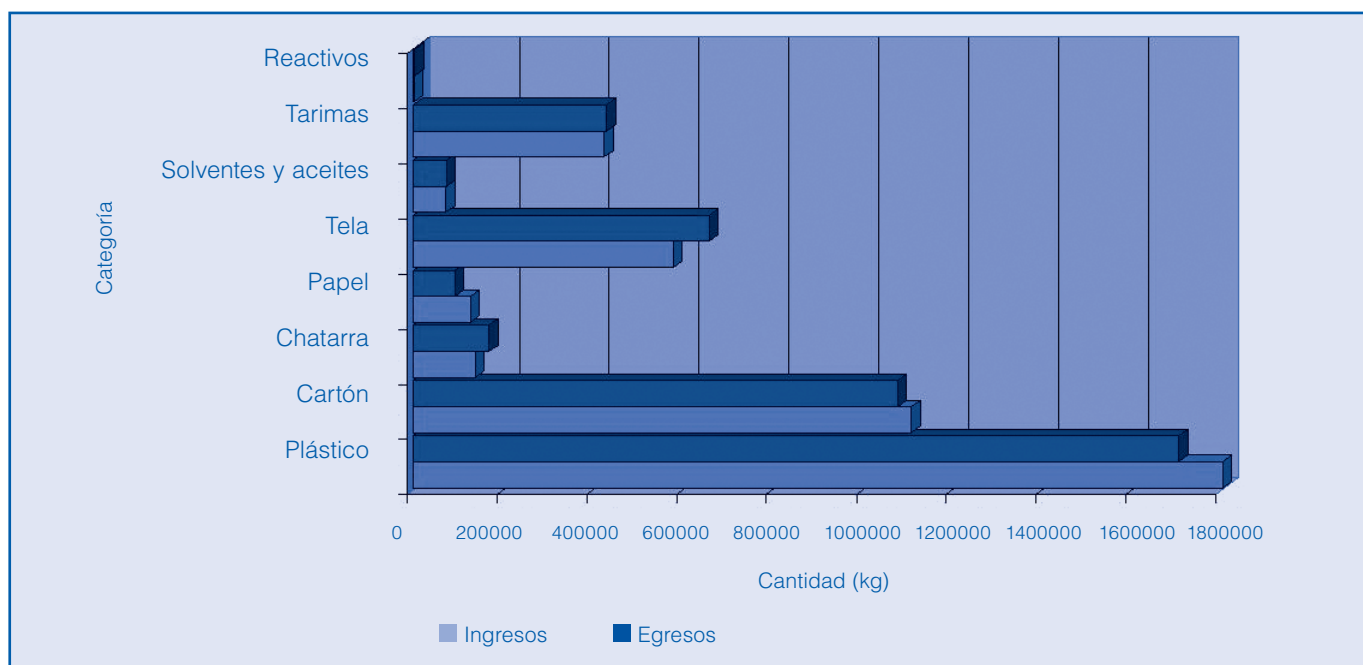


Figura 5. Material recuperado y vendido en el año 2004 según categorías.
Fuente: Informe Técnico del Proyecto Mermas de Enero 2004 – Octubre 2004.

Mediante el análisis de datos como se muestra en la figura 5, de los ingresos y egresos de materiales, se pudo observar que estas, en su mayoría, no presentan ningún comportamiento definido ni estable. Por lo tanto, el desarrollo de pronósticos es muy difícil en este tipo de empresas, ya que se depende de los desechos producidos por las empresas generadoras. De igual forma, la

clasificación ABC de los materiales no se puede definir por un período muy largo, ya que estos varían constantemente, por lo que se recomienda realizar estudios trimestrales de ellos.

Algunos de los reportes más importantes obtenidos por la base de datos son:

1. *Cuentas por cobrar*: es el informe en el cual se pueden ver actualizadas

Centro de Transferencia y Transformación de Materiales						
Cuentas por cobrar						
Factura	Fecha	Plazo	Fecha ven.	Clientes	Monto	Vencida
F004740	04/10/2004	22	26/10/2004	Ricardo Abarca	47.250,00	-1
Totales de cuentas por cobrar - Facturas vencidas						
Nombre del cliente				Monto total adeudado		
Ricardo Abarca				47.250,00		

Figura 6. Listado de cuentas por cobrar.
Fuente: Base de datos inventariados.

Centro de Transferencia y Transformación de Materiales			
Informe Mensual de Facturas			
Fecha	N.º Factura	Cliente	Monto
01/12/2004	F000000	Ajuste de inventarios	0,00
01/12/2004	F013335	Empaques Santa Ana	63.085,00
01/12/2004	F013336	Humberto Orozco	18.160,00
01/12/2004	F013337	Mueblería San Nicolás	6.300,00
01/12/2004	F013338	Reciclaje Luna	114.330,00
01/12/2004	F013339	Franklin Monge	300.875,00
01/12/2004	F013340	Humberto Orozco	16.080,00
01/12/2004	F013341	Marjorie Hernández	341.633,60

Figura 7. Informes de facturas.

Fuente: Base de datos inventariados.

las cuentas por cobrar que mantiene la empresa, además de la cantidad de facturas vencidas y el monto total al que asciende la suma de ellas.

2. *Informe Mensual de Facturas y Recibos*: muestra un listado ordenado por fechas de las facturas y recibos expedidos por el Proyecto Mermas, ya sea por venta de materiales o por otros servicios (transporte y disposición de desechos no recuperables). Además,

permite obtener el monto total al que ascienden estas en el período consultado.

3. *Existencias de todos los productos*: es un listado actualizado de las existencias de los materiales en planta que contempla todos los movimientos realizados hasta el momento de su impresión.

Es importante mencionar que la base de datos funciona a través de una intranet,

Centro de Transferencia y Transformación de Materiales				
Existencias de todos los productos				
Categoría	Producto	Ingresos totales	Salidas totales	Existencias
1	AB SMA	0	0	0.00
1	AB SMB	3282	3282	0.00
1	AB SMC	480	0	480.00
1	AB SMC9	0	0	0.00

Figura 8. Listado de existencias de materiales

Fuente: Base de datos inventariados.

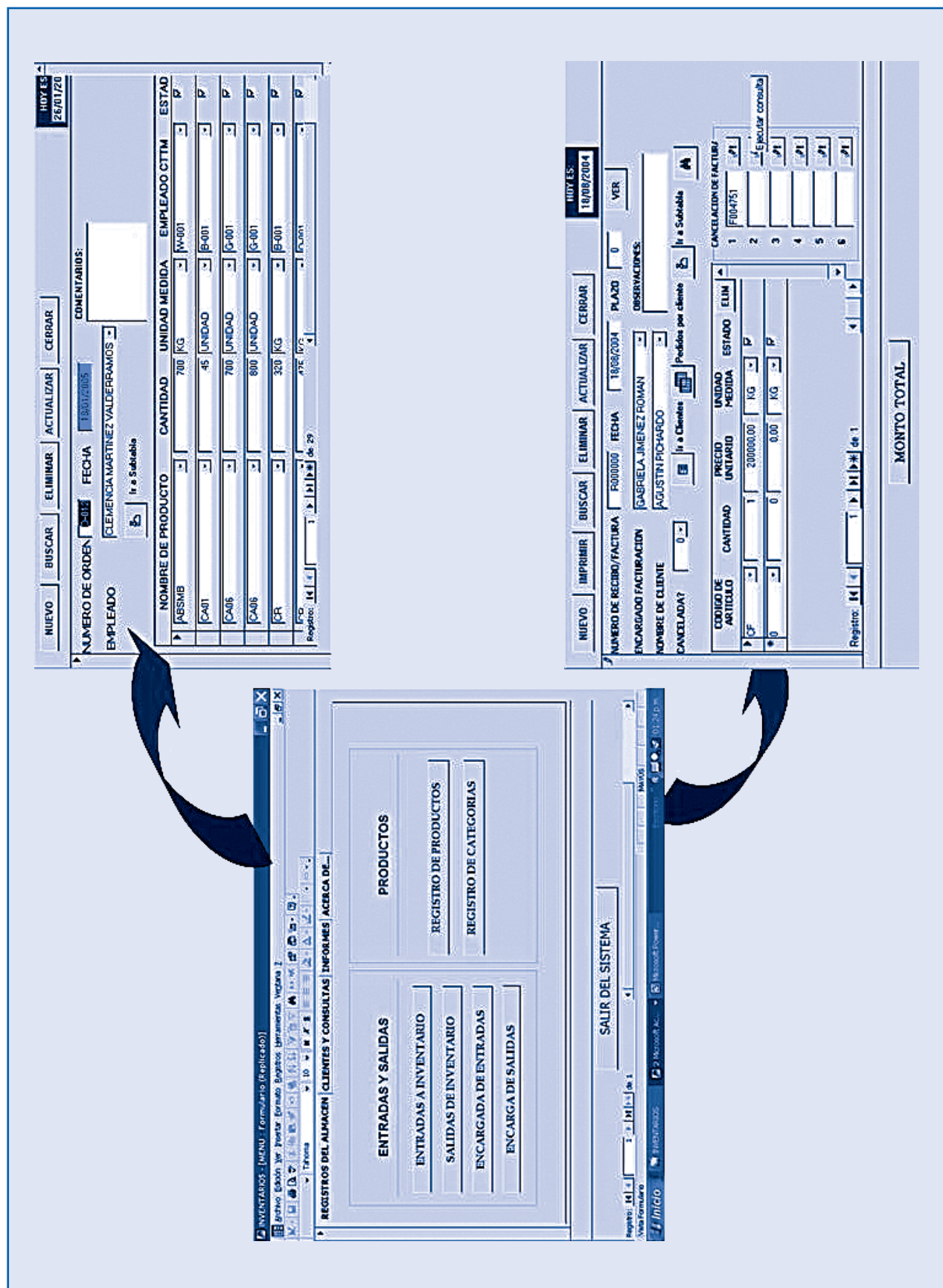


Figura 9. Pantallas principales de la base de datos inventarios.
Fuente: Manual de Usuario de Base de Datos Inventarios.

donde cada persona tiene acceso a los datos que requiere; por ejemplo, en la planta existe una computadora que permite la consulta de las existencias, de manera que los operarios encargados de registrar materiales puedan verificar que los datos que se encuentran en los registros coincidan con los datos reales. Además el sistema cuenta con diferentes niveles de seguridad para cada usuario, de manera tal que permite controlar el acceso a este.

Conclusiones

Con el desarrollo de la base de datos utilizada en el Proyecto Mermas a partir de junio del 2003 se tiene lo siguiente:

- Se lograron obtener informes congruentes de entradas y salidas de materiales.
- Se pudo mantener las cantidades de materiales disponibles para la venta actualizadas.
- Se digitalizó la información referente a los precios de venta, cantidades ingresadas, entre otros, facilitando el desarrollo de informes posteriores.
- Contribuyó a la consolidación del modelo de empresa de Gestión Integral de Manejo de Desechos Sólidos Industriales desarrollado con el proyecto.
- Se logró diseñar un sistema sencillo, de manera que no sea necesaria mucha capacitación para utilizarlo, ya que la mayoría de las personas que laboran en el proyecto son de poca escolaridad.
- Para el desarrollo de un sistema de inventarios en una empresa de manejo de desecho es importante tener conciencia de las diferencias entre un proceso productivo

convencional y otro de recuperación de materiales.

- El sistema de inventarios presenta una forma más sencilla de introducción y análisis de datos con respecto al método anteriormente utilizado en el Proyecto Mermas.
- Es importante aprovechar el ingenio de los estudiantes de las instituciones educativas en el desarrollo de proyectos, ya que tienen un enfoque innovador de los procesos y permiten que los costos de diseño e implantación de sistemas sean menores, además de contribuir en su formación profesional.
- En planta física, con el sistema de inventarios se obtuvo mayor orden y un uso más eficiente del espacio físico, inclusive se liberaron áreas para destinarlas a otras actividades.

Bibliografía

- Chase, Richard B.; Nicholas, J. Aquilano; Jacobs, F. Robert. *Administración de producción y operaciones: manufactura y servicios*. Traducido por Ángela García Rocha, Mildred Ciociano González (2000), Libro de Inventarios.
- Brown, Kenyon. *Introducción a la Programación Visual Basic*. México: Grupo Noriega Editores, 504 pp.
- Neibauer, Alan. *Access 2000 para gente ocupada: el libro para aprender cuando no hay tiempo que perder*. (2000)
- Atencio, Yahaira. *Base de Datos Inventarios para el Proyecto Mermas*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. versión 2004.
- Atencio, Yahaira. *Manual de Usuario Base de Datos Inventarios para el Proyecto Mermas*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, versión 2004.

Atencio y Salas. *Manuales de Procedimientos del Proyecto Mermas*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2004.

Instituto Tecnológico de Costa Rica, *Informe Técnico periodo octubre 2003-*

octubre 2004 del Proyecto Mermas. Cartago 2005.

Salas Jiménez, Juan Carlos. *Informe Final Proyecto Mermas*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago 2005.