



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Sistema ERP y Almacén Automático Vertical

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero en Computación

P R E S E N T A

Leoncio José Sobrino Mendoza

ASESOR DE INFORME

M. I. Juan Carlos Roa Beiza



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023

Sistema ERP y Almacén Automático Vertical

Contenido

Sistema ERP y Almacén Automático Vertical	1
Marco teórico	4
Introducción y Objetivos.....	8
Antecedentes.....	9
Definición del Problema y Contexto de la Participación Profesional.....	11
Definición del Problema	11
Contexto de la Participación Profesional	12
Recepción de materiales	14
Proceso anterior.....	14
Proceso nuevo	14
Pago de materiales a órdenes de producción	15
Proceso anterior.....	15
Proceso nuevo	16
Conteo de inventario físico	17
Proceso anterior.....	17
Proceso nuevo	18
Metodología utilizada	21
Área de Almacén.....	23
Base de datos	25
Tabla de control de unidades de Almacén Automático Vertical.....	25
Tabla de transacciones para el Almacén Automático Vertical	25
Disparador en tabla de transacciones de inventario del sistema ERP.....	26
Sistema ERP	27
Locación de inventario para el Almacén Automático Vertical.....	27
Actualización de la ubicación por omisión de los componentes a cargar	28
Transferencia de materiales a la nueva locación del Almacén Automático Vertical	28
Pantalla de consulta de transacciones enviadas al Almacén Automático Vertical	29
Lista de materiales para órdenes de producción.....	29
Modificación a procesos existentes en el sistema ERP	29
Microsoft SQL Server.....	30
Microsoft SQL Server Integration Services (SSIS)	30

Servicios web del Sistema de Almacén Automático Vertical.....	31
Agente SQL Server	32
Recepción de materiales.....	35
Pago de materiales a órdenes de producción	40
Proceso para conteo de inventario físico	47
Resultados.....	54
Conclusiones	58
Referencias bibliográficas	60
Glosario	63

Marco teórico

La empresa en la que trabajo es una compañía con presencia en varios países del mundo que se dedica a la manufactura de componentes electrónicos utilizados en equipos de alto voltaje, por lo que en general todas las plantas de la empresa requieren áreas de almacenaje con un espacio físico lo suficientemente grande y bien organizado para la gestión de materia prima y productos terminados. La planta en México, en particular, es la más grande por su tamaño y su capacidad de producción, por lo que el Gerente de Logística y Operaciones de ésta propuso buscar soluciones de almacenaje que pudieran hacer más eficiente su operación.

Por este motivo las áreas de Almacén, Manufactura y Compras realizaron una evaluación de posibles soluciones de almacenaje. Durante casi un año se llevó a cabo un análisis minucioso de factibilidad para encontrar la mejor solución que finalmente se concretó en un proyecto, ya que en un futuro se pretende implementarla en otras plantas alrededor del mundo. Como resultado de dicha evaluación, personal de estos departamentos se dio a la tarea de conocer un “Almacén Automático Vertical” (**AAV**) (Colaboradores de Wikipedia 2023, Mecalux s.f.) en la ciudad de Monterrey, para ver de cerca su funcionamiento, sus requerimientos físicos, su forma de operación y su costo, entre otros aspectos.

El término “Almacén Automático Vertical” se refiere a los sistemas de almacenes automatizados que utilizan la robótica y otras tecnologías para aprovechar al máximo el espacio del techo. También conocidos como “Módulos de Elevación Vertical” (VLM) o “Almacenes Verticales Automatizados” (AVW), estos sistemas se basan en el principio “mercancía a hombre”, que ha revolucionado la forma de almacenar y gestionar las mercancías.

En esencia, el principio “mercancía a hombre” implica el almacenamiento de mercancías en estanterías, cajones, sistemas transportadores y otros métodos que facilitan el acceso a las mercancías. En otras palabras, las mercancías llegan a los trabajadores y no al revés. El resultado es un sistema de almacén mucho más eficaz y productivo.

El uso de sistemas de AAV ofrece algunas ventajas importantes que superan con creces las capacidades de los sistemas de almacenamiento tradicionales. En primer lugar, contribuyen a ahorrar el uso de superficie. Esto es posible gracias a la capacidad de almacenamiento de alta densidad de estos sistemas que les permite almacenar mercancías a grandes alturas.

Además, son más seguros que los métodos tradicionales. Son menos propensos a los robos y pueden controlarse con mayor precisión. Por último, reducen la necesidad de mano de obra, ya que las mercancías se almacenan y recuperan de forma automatizada, lo que resulta en un flujo de trabajo más eficaz y productivo (LogisticaSimple, 2023).

Después de una exhaustiva evaluación entre las áreas mencionadas a las cuales se sumaron Compras, Calidad, Mantenimiento e **IT** (“Information Technology” por sus siglas en inglés, o Tecnología de Información), el proyecto de implementación del AAV fue aprobado por el **CEO** (“Chief Executive Officer” por sus siglas en inglés, o Director Ejecutivo) de la compañía.

Posteriormente el proveedor del AAV nos proporcionó los respectivos manuales de operación, manuales de usuario y manuales técnicos, mismos que fueron revisados por las áreas de Almacén e IT para conocer a mayor detalle la operación del AAV así como su correspondiente sistema operativo, llamado Sistema de Almacén Automático Vertical (**SAAV**).

Por otro lado, mi empresa utiliza un sistema **ERP** (“Enterprise Resource Planning” por sus siglas en inglés, o Planificación de Recursos Empresariales) (SPNet. 2023) a nivel institucional desde hace varios años, por lo que era imperativo establecer una comunicación entre el SAAV y el ERP de acuerdo con las normas de operación de nuestra planta en México.

Al respecto, el área de IT se avocó a analizar y diseñar la mejor opción para desarrollar los componentes e interfaces de comunicación. A nivel corporativo ya se cuenta con una base

de datos y un lenguaje de programación propios del sistema ERP, por lo que todos los desarrollos y adecuaciones que fueron requeridos se llevaron a cabo utilizando dichas herramientas.

La base de datos usada por el sistema ERP es Oracle **Database** (Equipo editorial de IONOS, 2022). Este es un sistema de gestión de bases de datos relacionales **RDBMS** (“**Relational Database Management System**” por sus siglas en inglés) de Oracle, el fabricante estadounidense de software y hardware. Como software de bases de datos, Oracle Database optimiza la gestión y seguridad de los conjuntos de datos creando esquemas estructurados a los que solo pueden acceder administradores autorizados.

El lenguaje de programación con el que está desarrollado el sistema ERP utiliza la metodología **RAD** (“Rapid Application Development” por sus siglas en inglés, o Desarrollo Rápido de Aplicaciones) (Metodología RAD, s.f.) que es un proceso de desarrollo de software. Este método comprende el desarrollo interactivo, la construcción de prototipos y el uso de utilidades **CASE** (“Computer Aided Software Engineering” por sus siglas en inglés, o Ingeniería de Software Asistida por Computadora). Tradicionalmente, este método tiende a englobar también la facilidad de uso, la utilidad y la rapidez de ejecución.

Adicionalmente, en esta implementación se utilizaron los siguientes productos:

- 1) Base de datos **SQL Server**, propia del SAAV (Hughes, A., & Stedman, C. 2021).
- 2) **SQL Server Integration Services** (colaboradores de Wikipedia 2023a) para el desarrollo de las interfaces entre los sistemas ERP y SAAV, así como para la ejecución de los servicios web.
- 3) Agente SQL Server (Markingmyname. 2023, 30 mayo) para la planificación de los trabajos a ejecutarse de forma automática de acuerdo con la frecuencia requerida.

Esta implementación ha sido la primera a nivel mundial ya que ninguna otra planta cuenta con una solución similar, razón por la cual no hubo antecedentes de ningún tipo. Nuestras únicas fuentes de información fueron la documentación del AAV y del SAAV que nos proporcionó el proveedor, tanto de hardware como de software, así como los manuales, la

experiencia y los conocimientos con los que contamos los miembros del área de IT en el manejo del sistema ERP.

Conociendo las características y beneficios del sistema AAV que se adquirió, se hizo una proyección de posibles resultados que mejorarían las siguientes métricas:

- Ahorro de costos de operación.
- Precisión del inventario.
- Reducción de errores por parte de los operadores.
- Reducción del tiempo de entrega de materia prima a otras áreas.
- Disminución del tiempo de colocación de materiales.
- Evitar accidentes de trabajo por el uso de escaleras o barandillas.

Introducción y Objetivos

Como se mencionó anteriormente en el marco teórico, la empresa en la que trabajo es una compañía internacional que se dedica a la fabricación de partes para equipos de alto voltaje, razón por la cual maneja un gran número de componentes que se utilizan en el proceso de manufactura de dichas partes y equipos. Esta empresa tiene plantas en países de América, Europa y Asia, siendo la planta de México la más grande en cuanto a tamaño y capacidad de producción. La empresa cuenta con un sistema ERP a nivel corporativo, lo que significa que todas las plantas en el mundo utilizan el mismo sistema.

Para hacer más eficientes el uso del espacio físico en el almacén de la planta de México así como las operaciones relacionadas con el manejo del inventario físico, se decidió buscar una solución comercial de AAV que nos ayudara a garantizar una mejor calidad en el almacenamiento, y por consiguiente contar con procesos de colocación y recolección de materiales más eficientes y económicos.

Los objetivos y metas trazados para este proyecto consistieron en alcanzar las métricas listadas a continuación:

- Reducir el tiempo de mano de obra para el proceso de recolección de componentes (mejora mayor o igual al 50%).
- Entrega de los “**kits**” (paquetes) de componentes al área de Manufactura a tiempo (mejora mayor o igual al 50%).
- Precisión en el proceso de conteo de inventario de materias primas (mejora mayor al 95%).
- Apoyo para mejorar el ingreso por metro cuadrado en el área de almacén de la planta de México (mejora de al menos 40%).

Este informe tiene como propósito explicar cómo se integró el uso de un AAV a nuestro sistema ERP.

Antecedentes

La planta de México presentaba problemas en algunos procesos operativos en el área de Almacén debido al gran número de componentes y al inventario de cada uno de ellos, tales como: recepción y acomodo de materiales, transferencia de materiales entre locaciones de inventario, pago de materiales a órdenes de producción, y conteo de inventario físico, entre otras.

Por esta razón se adquirió una solución comercial que nos permitiera contar con una ubicación de inventario asociada a un AAV, lo cual ayudaría a solucionar de manera eficiente la problemática que se tenía (debido a la naturaleza de estos sistemas, el espacio físico del que disponen debe ser de manera vertical, por lo cual el área en el almacén se reduce considerablemente). Los esquemas siguientes muestran la distribución original del área de Almacén (ver figura 1), así como la nueva distribución una vez instalado el AAV (ver figura 2).

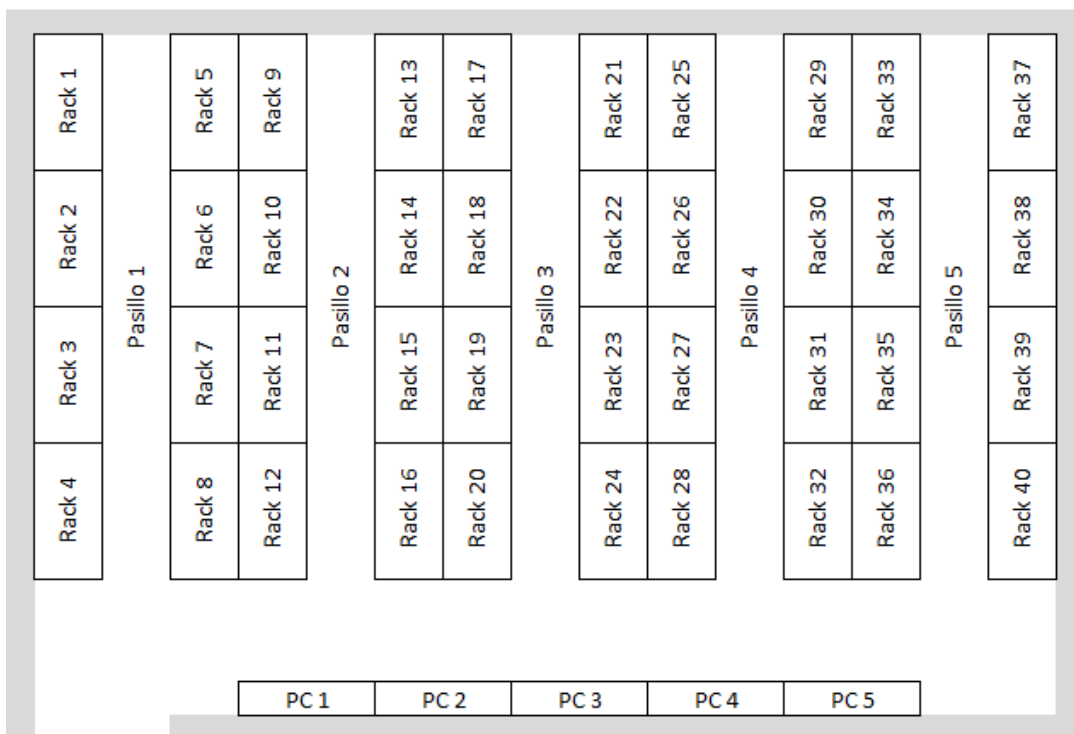


Fig. 1. Distribución anterior del almacén por pasillos, racks y compartimentos

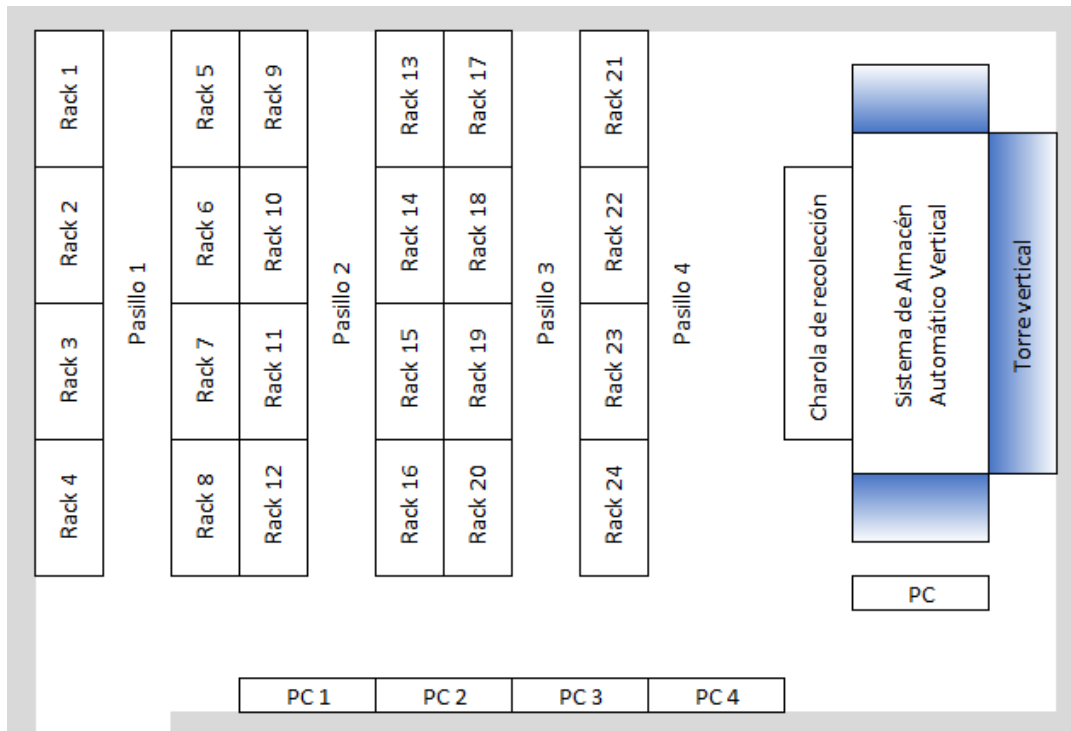


Fig. 2. Distribución final del almacén incluyendo el AAV

Cabe mencionar que en el esquema mostrado en la figura 1, toda la operación del almacén se realizaba de forma manual, principio conocido como “hombre a mercancía” (el personal del área colocaba y retiraba los componentes de sus ubicaciones manualmente). Una vez implementada la solución presentada en este informe, la operación del almacén se realiza de forma semiautomatizada (ver figura 2).

En la computadora asociada al AAV, el operador del almacén ingresa la clave de un componente; entonces el SAAV busca el cajón más cercano a la charola de recolección que incluya dicho componente, lo mueve hasta la plataforma de recolección, y usando apuntadores láser le indica al operador el compartimento del cual el componente debe ser extraído. De esta forma, el operador evita tener que desplazarse a través del almacén para depositar o recolectar los componentes necesarios.

Definición del Problema y Contexto de la Participación Profesional

Definición del Problema

Actualmente el área de Operaciones y Logística de nuestra planta en México recibe alrededor de 160 órdenes de producción al día provenientes de las diferentes áreas que fabrican productos en la empresa. El área de Almacén de esta planta debe trabajar en la recolección de los materiales para cada una de esas órdenes, así como la preparación de los kits de componentes para entregarlos al área solicitante. El personal del almacén arma entre 40 y 45 kits diarios, lo cual representa un aproximado de entre 1,500 y 1,800 componentes. Adicionalmente, se reciben diariamente entre 130 y 150 componentes de varios proveedores, mismos que necesitan ser almacenados y reabastecidos.

Las operaciones mencionadas provocan un número excesivo de movimientos en el área de Almacén, lo cual genera una carga de trabajo adicional para el personal de dicha área, al que se le dificulta completar las operaciones en tiempo y forma. A estas actividades hay que adicionar el tiempo que se consume al realizar los conteos de inventario.

El propósito primordial de este proyecto fue mejorar el proceso de recolección de componentes y entrega de kits para las órdenes de producción, así como cambiar nuestro modelo de operación a un esquema de recolección semiautomático, lo cual también ayudaría a mejorar la exactitud de los inventarios físicos de materias primas.

Los beneficios esperados del proyecto incluían:

- Reducir la mano de obra invertida en el proceso de recolección y armado de kits de componentes.
- Mejora en la precisión del inventario físico de materias primas.
- Incrementar el espacio del área de Manufactura en la planta de México.
- Mejorar el flujo de materiales.

- Reducir los errores humanos en el proceso de las diferentes transacciones.

Contexto de la Participación Profesional

Para cumplir con las metas y objetivos se decidió adquirir un AAV, que puede funcionar de manera autónoma, pero en nuestro caso se necesitaba integrarlo a nuestro sistema ERP. Esta integración requería que se pudiera lograr una comunicación directa entre ambos sistemas. Se tenía un plazo de cuatro meses para llevar a cabo la adquisición e implementación del AAV, con una fecha de inicio del proyecto del 15 de marzo del 2021.

El primer problema al que nos enfrentamos es que el personal del área de ERP de mi empresa no habla español (al ser una empresa de origen estadounidense), y el personal de la empresa proveedora del AAV no habla inglés, por lo cual al inicio del proyecto fui invitado a participar como traductor entre ambas partes. Debido a las barreras de lenguaje, el tiempo de desarrollo se vio afectado (ya que toda la información tenía que ser traducida antes de pasarla a cualquiera de las dos partes), y la fecha de puesta en marcha se vio en riesgo de no ser cumplida. Por esta razón fui elegido Líder de este proyecto, encabezando a un grupo de dos programadores del área de ERP y Proyectos Especiales de mi empresa, y fungiendo como punto de contacto para el equipo de la empresa proveedora del AAV. Cuando fui elegido líder de este proyecto (en fecha 19 de mayo del 2021), ya habían transcurrido dos meses desde la fecha de inicio de este, y la fecha de arranque o puesta en marcha estaba establecida para el 12 de julio del 2021.

Debido al gran número de transacciones que se querían cubrir con el uso del AAV, y al hecho de que se tenía un retraso en el desarrollo de la implementación, decidí modificar el alcance del proyecto, segmentándolo en diferentes etapas. En la primera fase decidí implementar tres operaciones básicas:

- Recepción de materiales.
- Pago de materiales a órdenes de producción.

- Conteo de inventario físico.

Estas operaciones se debían realizar en ambos sistemas, ya que el sistema ERP es el primero que recibe la transacción relacionada con el material, misma que debe ser procesada y enviada al AAV para que éste pueda interactuar con el operador de almacén (y de esa forma hacer más eficientes los procesos de carga y extracción de los materiales), y en algunos casos el AAV debe avisar al sistema ERP que la transacción se ha concluido satisfactoriamente, para que el sistema ERP identifique la transacción como completa y se evite duplicidad en su procesamiento.

La comunicación entre ambos sistemas debía llevarse a cabo a través de interfaces. Dichas interfaces debían permitirnos:

- 1) Ver al AAV como una locación de inventario adicional en el sistema ERP, de forma tal que se pudieran efectuar los mismos procedimientos usados en una locación de inventario física convencional.
- 2) Efectuar carga de materiales en el AAV cuando en el sistema ERP se hiciera una recepción de material.
- 3) Efectuar extracción de materiales del AAV cuando en el sistema ERP se hiciera una salida de material para pagar componentes a órdenes de producción.
- 4) Efectuar procesos de conteo que nos brindaran la certeza de que el manejo de materiales en el AAV es tanto o más confiable que cuando se usaba el almacén físico.

En esta primera fase de implementación del AAV, el personal del área de almacén decidió iniciar con una lista de los doscientos componentes más usados en el proceso de manufactura. En las etapas posteriores de la implementación se integrarían más componentes.

A continuación se explican el proceso que se utilizaba anteriormente para cada una de las operaciones para las que se va a implementar el uso del AAV, así como el funcionamiento del nuevo proceso una vez que dicho sistema entrara en operación.

Recepción de materiales

Proceso anterior

Cuando el almacén recibe un cargamento de un material específico por parte de un proveedor, se utiliza el sistema ERP para darle entrada a este material al inventario. Después de recibir el material en el sistema ERP, el personal de almacén debe llevar el material a su ubicación correspondiente. Cada componente tiene asignada una ubicación formada por un pasillo, un rack y un compartimento (ver figura 3).

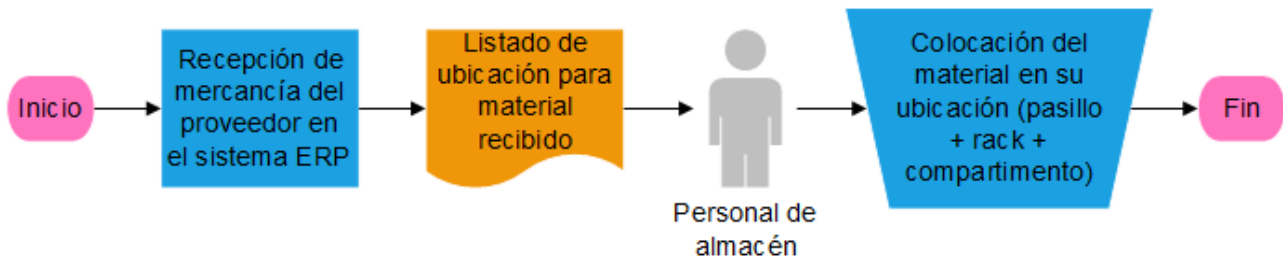


Fig. 3. Proceso anterior de recepción de materiales

Proceso nuevo

Con el uso del AAV, cada componente tiene ahora una ubicación formada por un cajón y un compartimento. La forma de operar de un AAV fomenta que se puedan cargar varios componentes al mismo tiempo, con lo cual este sistema reduce el número de “viajes” que cada cajón hace desde su ubicación en la torre de almacenamiento vertical hasta la plataforma de acceso de los operadores. Con esta forma de operar se reduce el tiempo que tarda la carga de componentes en el AAV.

Una vez completada la recepción del material en el sistema ERP, una interface debe transmitir la información de los componentes que se recibieron al SAAV, de forma tal que este sistema movilice los cajones a la plataforma de acceso donde el operador de almacén podrá cargar todos los componentes que se alojen en dicho cajón (ver figura 4).

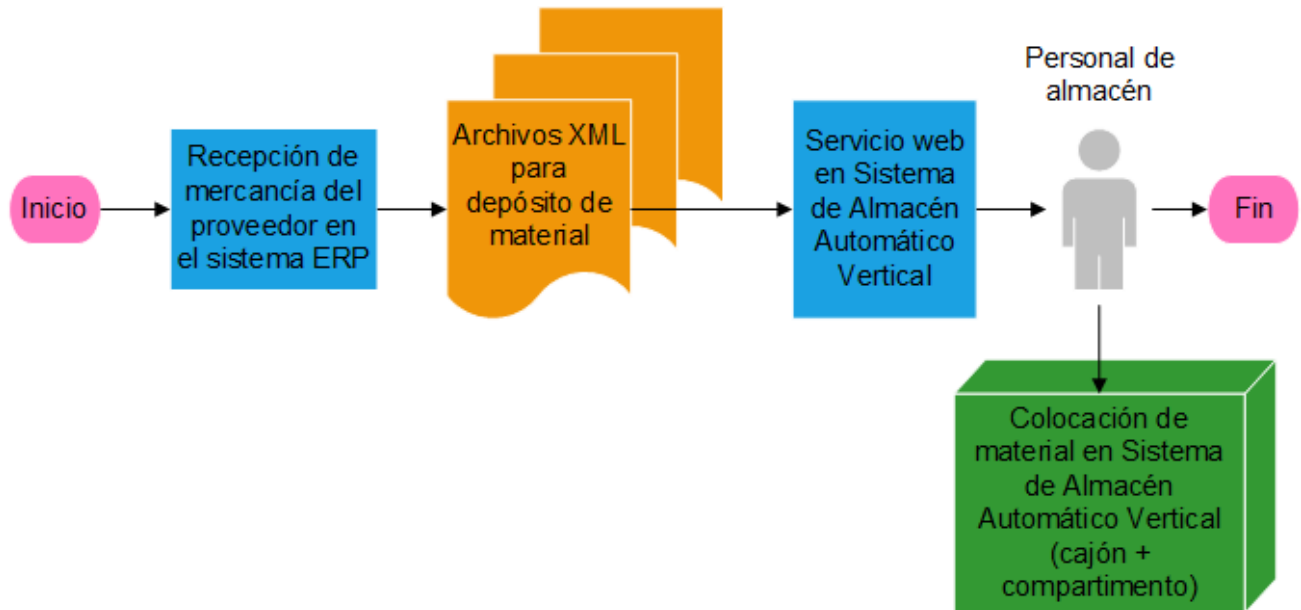


Fig. 4. Proceso nuevo de recepción de materiales

Pago de materiales a órdenes de producción

Proceso anterior

Cuando el área de Manufactura comienza a laborar en una orden de trabajo, se hace un proceso de requisición de materiales al almacén, con el subsecuente pago del material requerido al área solicitante. El personal de almacén recibe la requisición de material, la imprime (en este reporte se incluye la ubicación de cada componente así como la cantidad que se necesita), y procede a hacer una ronda a través de todos los pasillos del almacén buscando los racks y compartimentos donde se encuentra almacenado cada componente

solicitado. Cuando el operador encuentra la ubicación, procede a extraer la cantidad solicitada del componente en cuestión. Una vez recolectados los componentes, el personal de almacén conforma un kit, mismo que le es entregado al personal del área solicitante. En ese momento el personal de almacén marca la orden de producción como “entregada” en el sistema ERP (ver figura 5).

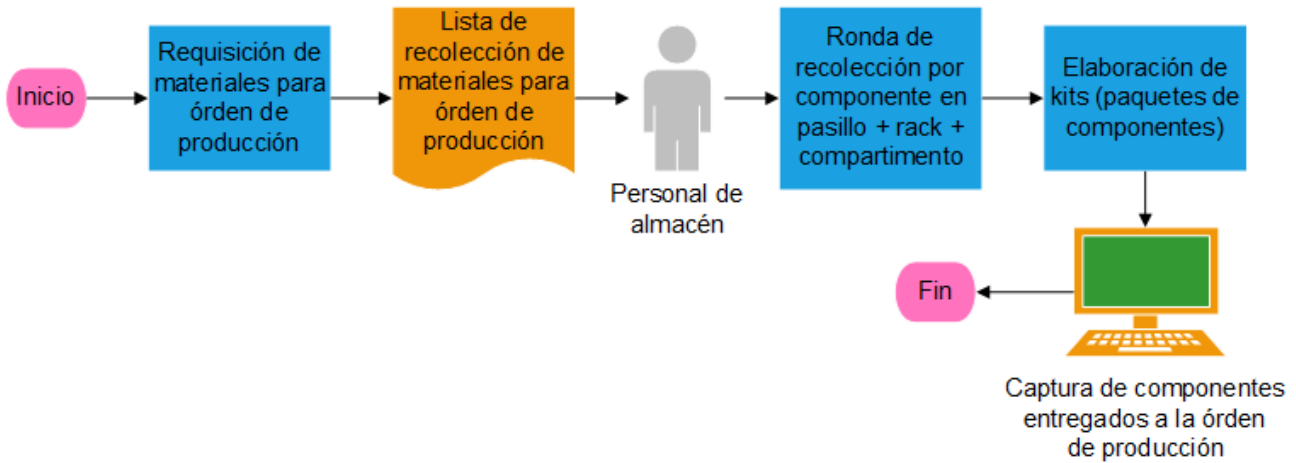


Fig. 5. Proceso anterior de pago de materiales a órdenes de producción

Proceso nuevo

Con el uso del AAV, al momento de imprimir la requisición de material en el sistema ERP, una interface transmitirá la información de los componentes a surtir al SAAV. Cuando el operador de almacén ingresa el número de la orden de producción en la computadora del SAAV, el sistema le traerá al operador todos los cajones donde esté almacenado el material requerido. A través del uso de apuntadores láser, el SAAV le indicará al operador de almacén el compartimento en el que se encuentra cada componente. Una vez identificado el compartimento, el operador de almacén retira del mismo un cierto número de piezas y las deposita en la báscula digital, con lo cual el sistema le indica el momento en que se tiene el número correcto de componentes requeridos. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario hasta que se surte la orden por completo, evitando que el operador tenga que desplazarse a través del almacén, disminuyendo el riesgo de

accidentes derivados del uso de escaleras o barandillas, y logrando una mejor inversión del tiempo y una disminución en el error humano.

Una vez recolectados los componentes, el personal de almacén conforma un kit, mismo que le es entregado al personal del área solicitante. Entonces el operador de almacén marca la orden de producción como “completa” en el SAAV, y una interface transmite la información al sistema ERP, indicando que los componentes en la orden de producción han sido entregados (ver figura 6).

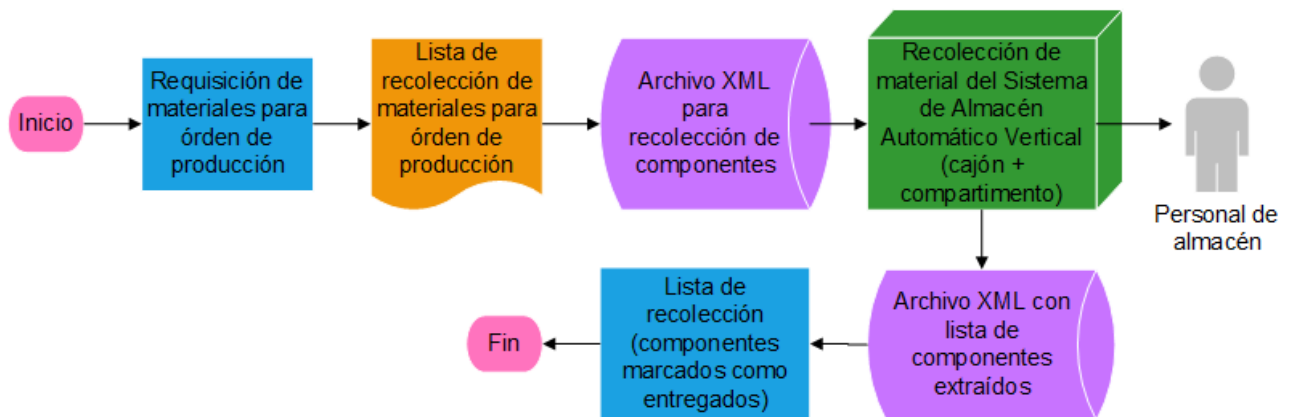


Fig. 6. Proceso nuevo de pago de materiales a órdenes de producción

Conteo de inventario físico

Proceso anterior

Para realizar un conteo de inventario físico, el personal de almacén utiliza una pantalla del sistema ERP en la cual se crea un “ciclo de conteo”, se selecciona la locación física de inventario que se va a auditar, se captura la lista con las claves de los componentes que se van a contar, y se generan las etiquetas para cada uno de ellos (la etiqueta muestra la ubicación actual del componente y ofrece un espacio para anotar la cantidad encontrada del mismo). Posteriormente, el operador de almacén acude a cada ubicación (pasillo, rack

y compartimento), y realiza el conteo físico de las piezas encontradas en dicho compartimento, anotando los resultados en las etiquetas impresas. Al finalizar el conteo, el personal de almacén utiliza otra pantalla del sistema ERP en la cual se captura la existencia encontrada de cada componente. Un supervisor termina el proceso autorizando cualquier discrepancia encontrada entre la cantidad reportada por el sistema ERP y la cantidad reportada por el personal de almacén. Este proceso se realiza de forma quincenal o mensual (ver figura 7).

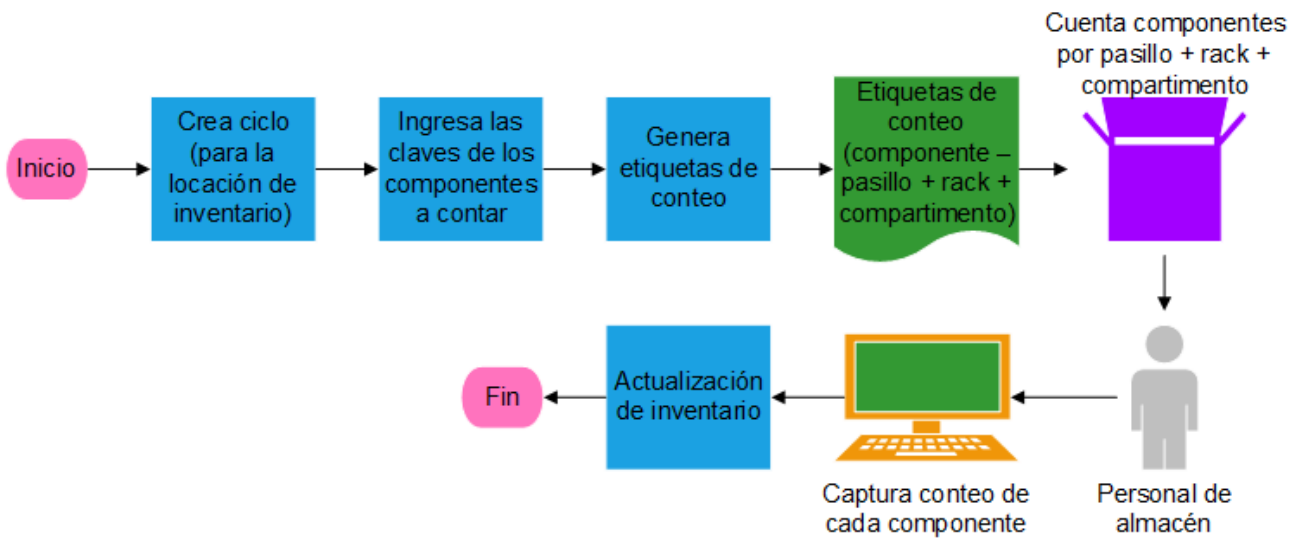


Fig. 7. Proceso anterior de conteo de inventario físico

Proceso nuevo

Con el uso del SAAV, el proceso es el mismo que el anterior, salvo que la locación de inventario a auditar es la que corresponde al AAV. Adicionalmente, cuando se generan las etiquetas, el sistema ERP agrega un registro a la tabla de transacciones para el SAAV.

Una interface envía la información de los componentes que se van a contar al SAAV. Cuando el operador de almacén ingresa el número del ciclo de conteo en la computadora del SAAV, el sistema comienza a traerle al operador todos los cajones donde está

almacenado el material que se tiene que contar. A través del uso de apuntadores láser, el sistema le indica al operador el compartimento en el que se encuentra el componente en cuestión en cada cajón. Una vez identificado el compartimento, el operador de almacén retira todas las piezas y las cuenta de forma manual, anotando el resultado en la etiqueta correspondiente. En la pantalla del SAAV, el operador ingresa el resultado de la cuenta para cada compartimento. Este proceso se repite tantas veces como sea necesario hasta que se hayan contado todos los componentes incluidos en el ciclo.

La principal ventaja de este método es que el operador no tiene que desplazarse a través del almacén buscando las ubicaciones de cada componente, con lo cual disminuye el riesgo de accidentes derivados del uso de escaleras o barandillas, y se logra una mejor inversión del tiempo. La principal desventaja es que, a diferencia del proceso de conteo tradicional, en este método el operador de almacén debe contar el mismo componente tantas veces como sea encontrado en los compartimentos de diferentes cajones. Cabe mencionar que el SAAV cuenta con una báscula digital, la cual podría agilizar el proceso de conteo; sin embargo, durante la primera fase de implementación de este proyecto se mantendrá el mecanismo de conteo manual, esperando que en un futuro se pueda tener la suficiente confianza en el uso de la báscula digital para realizar el conteo de inventario.

Una vez terminado el proceso de conteo, el SAAV determina si hubo discrepancias entre la cantidad reportada por el sistema y la cantidad contada por el operador de almacén, en cuyo caso se requerirá la asistencia de un supervisor que autorice la actualización del inventario en el SAAV. Posteriormente, el SAAV genera un archivo con los resultados del conteo de cada componente. Una interface lleva este archivo de regreso al sistema ERP y almacena los resultados para cada componente, con lo cual el operador de almacén no tiene que ingresar la información nuevamente, reduciendo el tiempo del proceso y minimizando el error humano. De aquí en adelante, el proceso termina de la misma forma que el actual (ver figura 8).

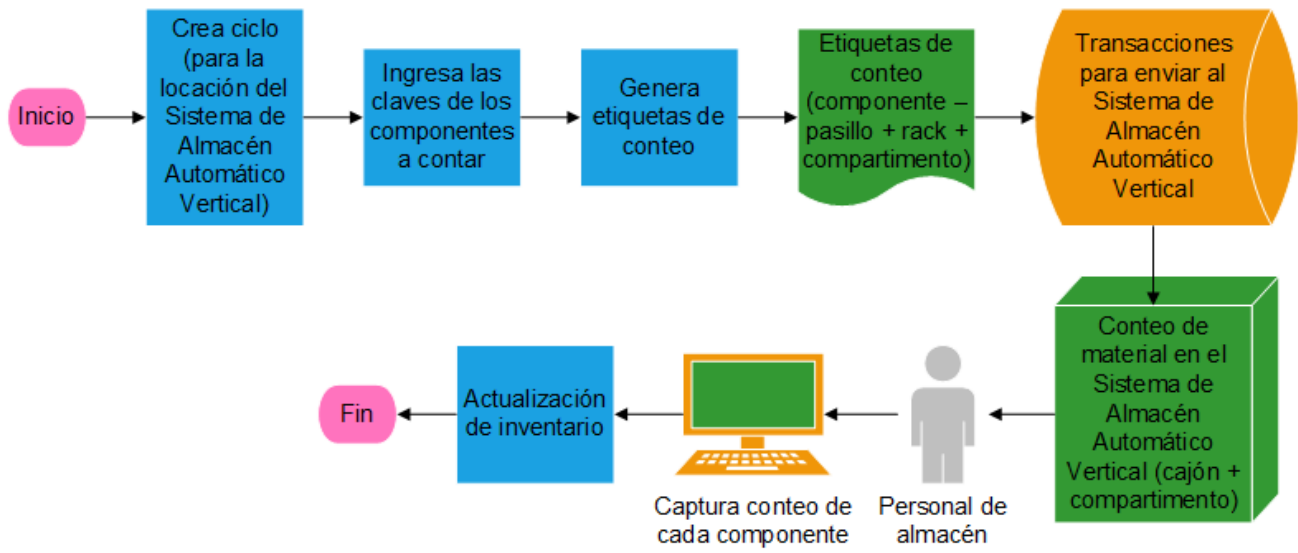


Fig. 8. Proceso nuevo de conteo de inventario físico

Metodología utilizada

Dadas las condiciones que se tenían para este proyecto, en el cual ya se contaba con un sistema ERP comercial y la adquisición de un AAV, se decidió usar la metodología de desarrollo de software denominada RAD, que ha tenido un gran auge debido a la necesidad que tienen las empresas de crear aplicaciones funcionales en un plazo de tiempo corto.

Cabe destacar que nuestro sistema ERP es una aplicación comercial desarrollada en un lenguaje de programación de naturaleza RAD, y mi empresa cuenta con licencia para desarrollar dentro del entorno del sistema ERP, por lo que el sistema ha sido adecuado a nuestras necesidades (y por esta razón las modificaciones al sistema se hacen de forma rápida). A continuación se describen las diferentes fases que conforman la metodología RAD que se llevaron a cabo durante este proyecto (ver figuras 9 y 10):

- **Modelado de gestión:** en esta fase se realizaron una serie de sesiones de trabajo con los usuarios del almacén para conocer sus requerimientos de información, sus procesos operativos y el flujo de datos entre las diferentes áreas involucradas.
- **Modelado de datos:** en esta fase se diseñaron la tablas de unidades AAV y de control de transacciones, así como el disparador (del inglés “**trigger**”) (Tema: DISPARADORES (TRIGGERS), s.f.) asociado a la tabla de transacciones de inventario del sistema ERP.
- **Modelado de proceso:** durante esta fase se diseñaron las interfaces para transferencia de datos entre los sistemas ERP y AAV.
- **Generación de aplicaciones:** usando el lenguaje RAD se diseñaron las pantallas para los nuevos procesos del proyecto.
- **Pruebas y entrega:** los usuarios del área de Almacén probaron las nuevas transacciones del sistema ERP, así como las interfaces entre ambos sistemas. El personal de la empresa proveedora del AAV se encargó de apoyarlos para probar y validar las funciones de su propio sistema.

Algunas de las ventajas que presenta la utilización de esta metodología de programación (en el caso específico de mi empresa) son las siguientes:

- El desarrollo se realiza a un nivel de abstracción mayor.
- Detección temprana de cualquier cambio o adición.
- Mayor flexibilidad.
- Mayor involucramiento de los usuarios.
- Menos fallas.
- Ciclos de desarrollo más cortos.
- Interface gráfica estándar, lo que garantiza una **UI** (“User Interface” por sus siglas en inglés, o Interface de Usuario) y una **UX** (“User Experience” por sus siglas en inglés, o Experiencia de Usuario) uniformes dentro del sistema ERP.

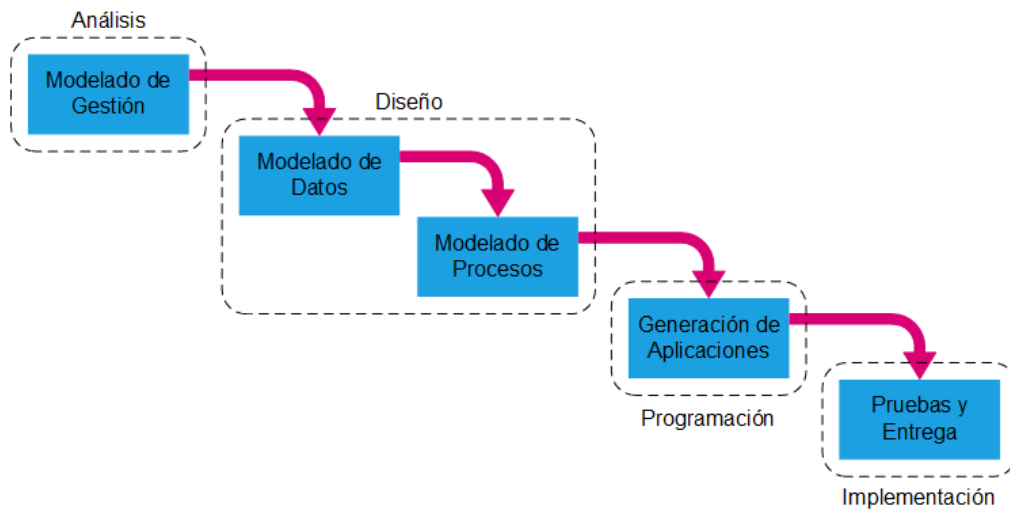


Fig. 9. Diagrama de bloques de la implementación

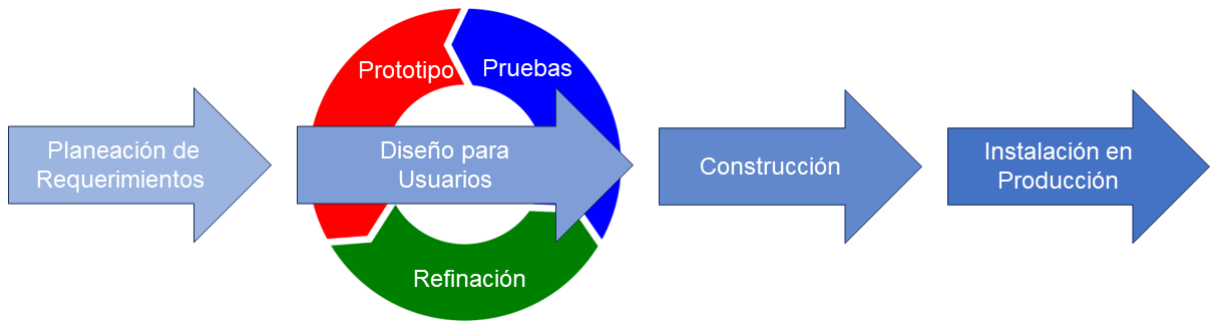


Fig. 10. Metodología de programación RAD

Para la implementación de este proyecto fueron necesarias varias adiciones y modificaciones a los procesos existentes en el área de Almacén así como en el sistema ERP. Las secciones a continuación explican de manera detallada en que consistieron dichas modificaciones.

Área de Almacén

El personal del área de Almacén tuvo que hacer la preparación en el SAAV para dar de alta los doscientos componentes que serían cargados. Para facilitar esta tarea, generé un reporte con los datos de cada uno de ellos. Junto con el personal del proveedor del AAV, se diseñó la configuración de cada una de las charolas del sistema (ver figura 11). Cada charola puede configurarse de acuerdo con el tamaño del compartimento donde se guardarán los componentes y el peso máximo a almacenar para cada uno de ellos (con esto el usuario de almacén tiene el control total acerca de la distribución de los componentes en cada cajón).



Fig. 11. La imagen izquierda muestra un cajón donde se han colocado separadores considerando el tamaño de los componentes que se van a almacenar. La imagen derecha muestra varios compartimentos con las cajas y/o empaques de algunos componentes.

Como parte de esta configuración, el SAAV requirió conocer el peso unitario de cada uno de los componentes; para facilitar esta tarea, el SAAV cuenta con una báscula digital. Esta información le permite al SAAV calcular la existencia actual de cada componente tomando como base su peso unitario, el peso del compartimento y el peso total del componente. El SAAV permite la existencia de varios compartimentos en uno o varios cajones para un mismo componente (a diferencia del método tradicional de inventario, en el que todas las piezas de un solo componente están en el mismo espacio físico).

Una vez terminado el proceso de configuración de los cajones en el SAAV, se realizó la transferencia física para mover los doscientos componentes de su ubicación original (pasillo + rack + compartimento) a su nueva ubicación en el SAAV (cajón + compartimento). El personal del área de Almacén apoyado por el personal del proveedor del AAV retiró los componentes de sus ubicaciones anteriores, y los colocó en su nueva ubicación.

Base de datos

El diseño, creación, y modificación de tablas y otros objetos de la base de datos, así como la carga y modificación de información se llevó a cabo usando un producto cliente de base de datos llamado **Toad by Quest**.

Tabla de control de unidades de Almacén Automático Vertical

Diseñé una tabla nueva que nos permite identificar las unidades de AAV, ya que por las necesidades de nuestra operación y por la magnitud de nuestras áreas de Almacén se tiene pensado adquirir más equipos de este tipo en un futuro, razón por la cual se deben tener identificadas dichas unidades para poder tratar a cada una de ellas como una entidad independiente, y tener el control para habilitarla o deshabilitarla a voluntad. La nueva tabla luce como se describe a continuación.

Llave	Variable	Tipo
K1	Compañía	Alfanumérico, 6
K2	Clave de Locación	Alfanumérico, 8
	Inactivo	Alfanumérico, 1

Tabla de transacciones para el Almacén Automático Vertical

Diseñé una tabla nueva que nos permite identificar y al mismo tiempo controlar el flujo de las transacciones entre ambos sistemas, de forma tal que siempre se pueda saber que transacciones se han enviado del sistema ERP al SAAV, y cuales se han procesado correctamente, para con ello evitar la duplicidad en el proceso de dichas transacciones (en caso de que la operación se vea interrumpida por causas de fuerza mayor). La nueva tabla luce como se describe a continuación.

Llave	Variable	Tipo
K1	Compañía	Alfanumérico, 6
K2	Componente	Alfanumérico, 30
K3	Fecha de la Transacción	Fecha
K4	Hora de la Transacción	Alfanumérico, 6
K5	Secuencia de la Transacción	Alfanumérico, 3
	Origen	Alfanumérico, 2
	Calificador de Origen	Alfanumérico, 2
	Número de Referencia	Alfanumérico, 30
	Línea de Referencia	Alfanumérico, 6
	Clave de Locación	Alfanumérico, 8
	Compartimento	Alfanumérico, 8
	Descripción del Componente	Alfanumérico, 50
	Unidad de Medida del Componente	Alfanumérico, 1
	Llave de transacción	Alfanumérico, 17
	Cantidad	Numérico, 15
	Tipo de Transacción	Alfanumérico, 1
	Bandera de registro procesado	Alfanumérico, 1
	Bandera de confirmación	Alfanumérico, 1

Disparador en tabla de transacciones de inventario del sistema ERP

La alimentación de la nueva tabla de transacciones para el SAAV (descrita en el punto anterior) se llevó a cabo mediante el uso de un disparador asociado a la tabla de transacciones de inventario de nuestro sistema ERP: cada que ocurre un movimiento de recepción de material o pago de materiales a órdenes de producción se graba un registro en la nueva tabla que indica que se debe enviar esa transacción al SAAV.

Una vez que dicha transacción es recibida por el servicio web del SAAV, se marca el registro como “procesado” para evitar duplicidad (esto también ayuda a determinar si hay transacciones pendientes de envío).

Llave	Variable	Tipo
K1	Compañía	Alfanumérico, 6
K2	Componente	Alfanumérico, 30
K3	Fecha de la Transacción	Fecha
K4	Terminal de la Transacción	Alfanumérico, 8
K5	Hora de la Transacción	Alfanumérico, 6
K6	Secuencia de la Transacción	Alfanumérico, 3
	Origen	Alfanumérico, 2
	Calificador de Origen	Alfanumérico, 2
	Número de Referencia	Alfanumérico, 30
	Línea de Referencia	Alfanumérico, 6
	Clave de Locación	Alfanumérico, 8
	Compartimento	Alfanumérico, 8
	Cantidad	Numérico, 15
	Clave de Usuario	Alfanumérico, 8
	Fecha de Posteo	Fecha

Sistema ERP

En nuestro sistema ERP se llevaron a cabo las siguientes adiciones y modificaciones.

Locación de inventario para el Almacén Automático Vertical

Creé una nueva locación de inventario para que el AAV fuera considerado una ubicación de inventario adicional, similar a las que se tenían en ese momento. Esto nos permitió realizar transacciones entre las locaciones “físicas” y la locación “lógica” (representada por el AAV).

La nueva locación fue denominada “AAV1”, ya que como se mencionó anteriormente, se espera adquirir más equipos en un futuro (con lo cual se usará un número consecutivo al final del nombre de la locación, por ejemplo “AAV2”, “AAV3”, etc.).

Actualización de la ubicación por omisión de los componentes a cargar

Escribí un programa en SQL Oracle que modificó de forma masiva la ubicación por omisión de los doscientos componentes que iban a ser cargados en el AAV. El sistema ERP utiliza esta ubicación por omisión para facilitar las tareas de recepción de material o extracción para pago a órdenes de producción, evitando que el operador de almacén tenga que elegir la ubicación utilizada en cada transacción (cabe mencionar que el sistema ERP muestra la ubicación por omisión para evitar que el usuario tenga que teclearla, pero le permite modificarla en caso de ser necesario).

Transferencia de materiales a la nueva locación del Almacén Automático Vertical

Nuestro sistema ERP ofrece una utilería para que los usuarios hagan transferencia de componentes entre locaciones de inventario, pero este proceso se ejecuta de forma individual, es decir, un componente a la vez, razón por la cual mover los doscientos componentes de su ubicación original a la nueva ubicación en el AAV hubiera tomado demasiado tiempo.

Para agilizar este proceso, escribí un programa en SQL Oracle para realizar la transferencia masiva de los doscientos componentes desde su ubicación original en el almacén físico a la nueva ubicación asociada al AAV en una sola operación.

Este programa les ahorró a los operadores de almacén el tiempo que se hubiera tenido que invertir si se hubiera usado la utilería estándar del sistema ERP, y anuló la posibilidad de cometer cualquier error humano.

Pantalla de consulta de transacciones enviadas al Almacén Automático Vertical

Diseñé una pantalla nueva dentro del sistema ERP en la cual el operador de almacén puede revisar el estado de las transacciones que se han enviado desde el sistema ERP al SAAV para verificar si han sido procesadas exitosamente.

Asimismo, esta nueva pantalla se puede utilizar para detectar aquellas transacciones que no han sido procesadas aún, con lo cual se puede determinar la causa de la demora, y corregirla a la brevedad.

Lista de materiales para órdenes de producción

Nuestro sistema ERP cuenta con una opción que al momento de imprimir las listas de materiales solicitados para una orden de producción genera un archivo en formato XML (¿Qué es XML? – Explicación del lenguaje de marcado extensible XML – AWS s.f.). Esta opción esta inhabilitada por omisión, ya que su uso conlleva que se instale y configure un marco XML que permite que el sistema ERP cree, transmita y reciba archivos de este tipo para comunicarse con otros sistemas externos. Para este proyecto, habilitamos esta opción para que el operador de almacén, al momento de imprimir dicho reporte, genere también el archivo XML que será enviado a los servicios web del SAAV.

Modificación a procesos existentes en el sistema ERP

Los procesos de recepción de materiales, pago de materiales a órdenes de producción y conteo de inventario físico fueron modificados para comunicar los sistemas ERP y SAAV a través del uso de interfaces escritas para este fin. Estas interfaces requirieron que se utilizaran otros productos comerciales para poder realizar el transporte de información

entre ambos sistemas. Las secciones siguientes describen los productos de terceros que fueron utilizados.

Microsoft SQL Server

Microsoft SQL Server es un sistema de gestión de bases de datos relacionales RDBMS que admite una amplia variedad de aplicaciones de procesamiento de transacciones, inteligencia empresarial y análisis en entornos informáticos corporativos. Microsoft SQL Server es una de las tres tecnologías de bases de datos líderes del mercado, junto con Oracle Database y DB2 de IBM.

Al igual que otros programas RDBMS, Microsoft SQL Server se basa en SQL (“**Structured Query Language**” por sus siglas en inglés, o Lenguaje de Consulta Estructurada), un lenguaje de programación estandarizado que los administradores de bases de datos (DBA) y otros profesionales de IT utilizan para gestionar las bases de datos y consultar los datos que contienen. SQL Server está vinculado a **Transact-SQL** (T-SQL), una implementación de SQL de Microsoft que añade un conjunto de extensiones de programación propias al lenguaje estándar.

Microsoft SQL Server Integration Services (SSIS)

SQL Server Integration Services (SSIS) es un componente de Microsoft SQL Server, una plataforma que permite generar soluciones de integración de datos de alto rendimiento, entre las que se incluyen paquetes de extracción, transformación y carga de datos (ETL) para el almacenamiento de datos.

SSIS incluye herramientas gráficas y asistentes para:

- 1) Generar y depurar paquetes.

- 2) Tareas para realizar funciones de flujo de datos tales como operaciones de FTP.
- 3) Ejecución de instrucciones SQL y envío de mensajes de correo electrónico.
- 4) Orígenes y destinos de datos para extraer y cargar datos.
- 5) Transformaciones para limpiar, agregar, combinar y copiar datos.
- 6) Una base de datos de administración, SSISDB, para administrar la ejecución y almacenamiento de paquetes.
- 7) Interfaces de programación de aplicaciones (API) para programar el modelo de objetos de Integration Services.

SSIS permite mover datos de origen a destino sin modificar los datos del origen, y permitiendo hacer iteraciones y cambios de información antes de llegar al destino dentro de tablas de ETL.

Con la herramienta **Business Intelligence Development Studio**, se pueden realizar tareas de migración fácilmente usando tareas visuales. Los paquetes, que son las unidades de almacenamiento de estas tareas de migración se pueden guardar en archivos dtsx, o en la base de datos en formato XML.

Servicios web del Sistema de Almacén Automático Vertical

El proveedor del AAV nos proporcionó una colección de servicios web mismos que se pueden llamar desde cualquier aplicación para implementar la comunicación entre su sistema y el sistema del cliente. Estos servicios web están escritos usando metalenguaje XML, y se utilizan para carga de materiales, extracción de materiales y conteo de inventario, que corresponden a las transacciones que vamos a implementar en nuestra primera fase de este proyecto.

En el sistema ERP tenemos dos tipos de archivos XML que vamos a utilizar:

- 1) El archivo XML creado automáticamente al momento de imprimir la lista de recolección de una orden de producción. Este archivo contiene todos los componentes que se requieren para la orden, por lo cual se debe filtrar para dejar únicamente los componentes que se almacenan en el AAV. Los demás componentes se recolectarán de la forma manual habitual.
- 2) El archivo XML que se creará con cada componente que se reciba de parte del proveedor. Escribí un programa en nuestro sistema ERP que leerá los registros de recepción de materiales de la tabla de transacciones para el AAV que no han sido procesados aún y creará el archivo XML correspondiente.

Para el primer caso, vamos a utilizar SSIS para modificar el archivo XML y remover las líneas que corresponden a componentes que se manejan en el almacén físico, dejando únicamente las líneas que corresponden a componentes guardados en el AAV. Después usaremos SSIS para enviar los dos tipos de archivos XML a los servicios web del SAAV.

Agente SQL Server

El Agente SQL Server es un servicio de Microsoft Windows que ejecuta tareas administrativas programadas, denominadas trabajos, en SQL Server.

El Agente SQL Server usa SQL Server para almacenar información del trabajo. Los trabajos contienen uno o más pasos. Cada paso contiene su propia tarea; por ejemplo, realizar una copia de seguridad de una base de datos.

El Agente SQL Server puede ejecutar un trabajo según una programación como respuesta a un evento específico o a petición.

Usamos la tecnología Agente SQL Server de Microsoft para crear trabajos calendarizados que serían ejecutados cada cinco minutos. Estos trabajos revisarían la existencia de

archivos XML ubicados en un directorio compartido preestablecido. La presencia de estos archivos XML indicaría que había transacciones pendientes de ser enviadas a los servicios web del SAAV, en cuyo caso el trabajo tomaría el archivo XML y lo enviaría al servicio web (ver figuras 12, 13 y 14).

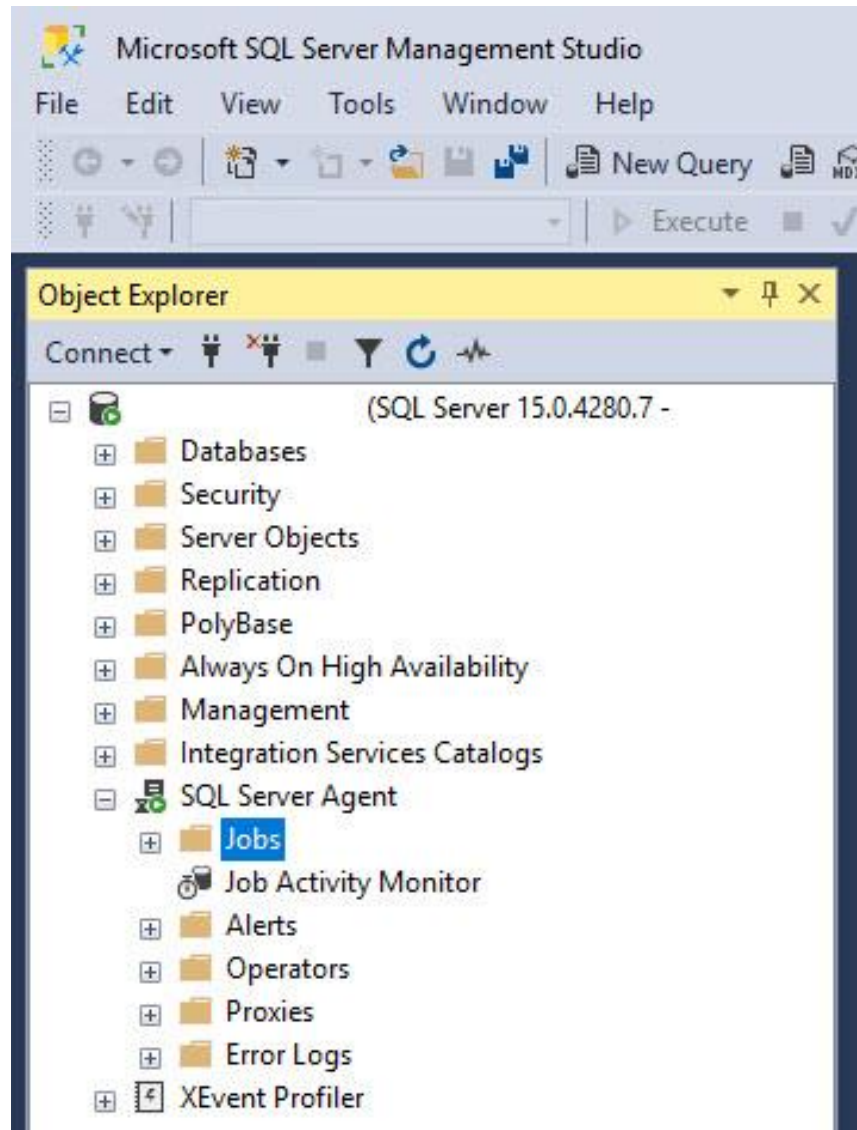


Fig. 12. Trabajos en el Agente SQL Server

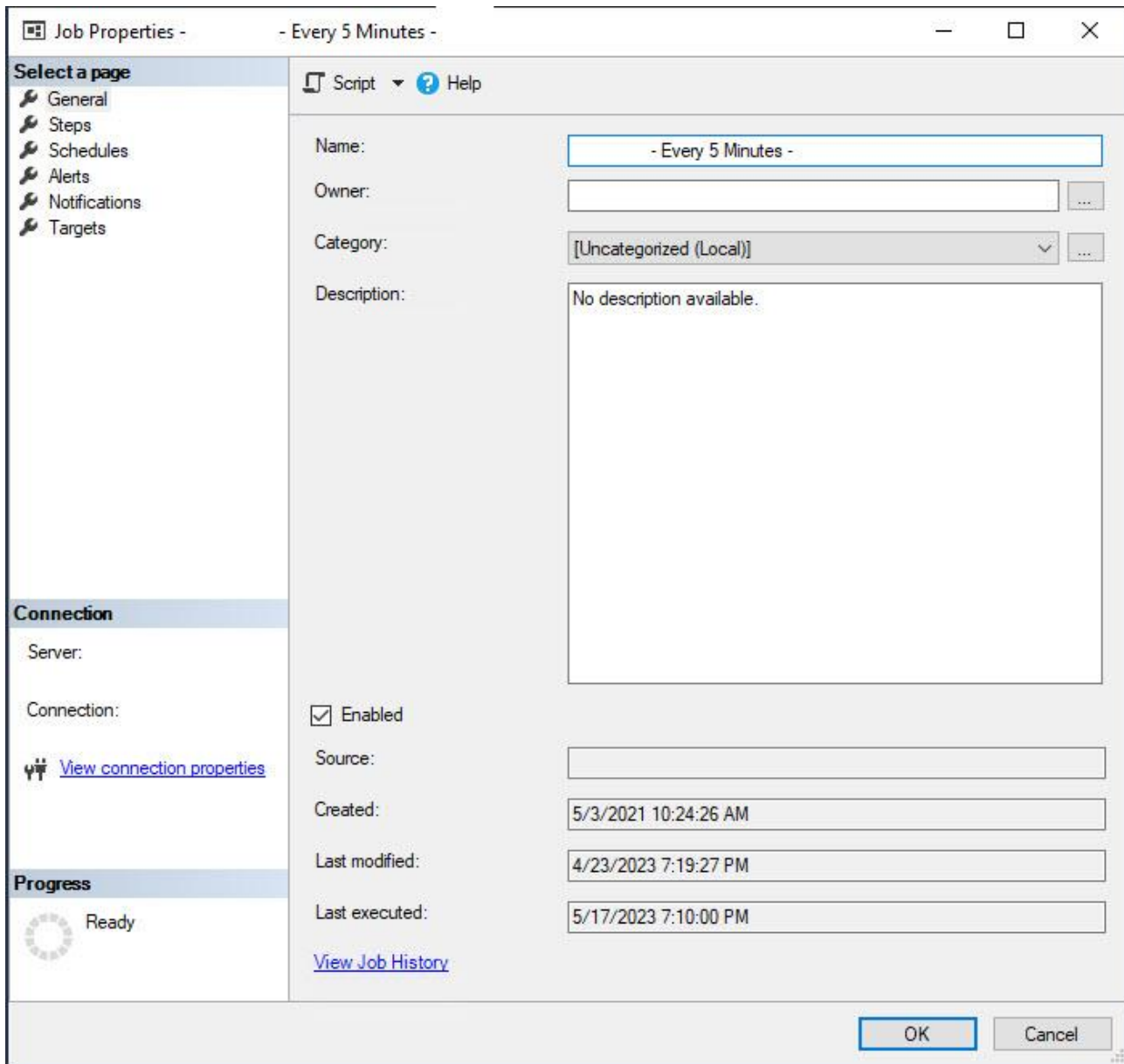


Fig. 13. Calendarización del trabajo en el Agente SQL Server

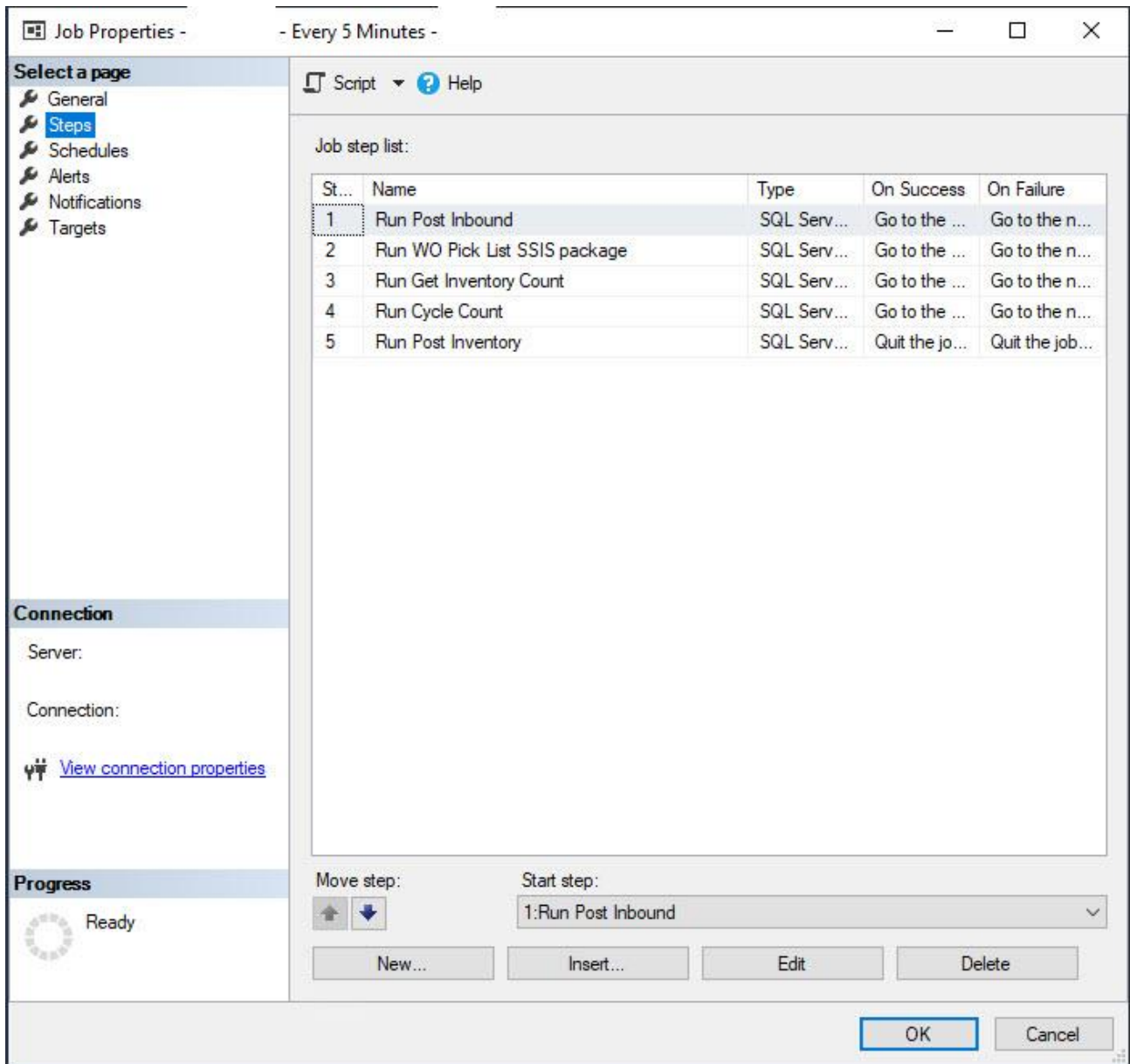


Fig. 14. Lista de pasos para el trabajo en el Agente SQL Server

Recepción de materiales

Nuestro sistema ERP cuenta con una función que les permite a los operadores de almacén realizar recepción de materiales comprados a proveedores. Cuando se lleva a cabo la recepción de material, el sistema crea un registro en la tabla de transacciones de inventario del sistema ERP. El disparador que se asoció a dicha tabla se ejecutará cuando

se detecte que se ha hecho una recepción de material, y el código del disparador insertará un registro en la tabla de transacciones para el AAV.

Un proceso automático creado en el Agente SQL Server (que se ejecuta cada cinco minutos) busca transacciones de recepción de materiales que no han sido procesadas aún en la tabla de transacciones para el AAV. Cuando el proceso encuentra una transacción no procesada, crea un archivo XML con la información del material recibido, y lo guarda en un directorio compartido temporal.

Otro proceso automático creado en el Agente SQL Server (que se ejecuta cada cinco minutos) busca archivos XML en el directorio compartido temporal. Al momento de encontrar alguno, lo envía al servicio web del SAAV. En este instante, la rutina de Microsoft SSIS modifica el registro de la tabla de transacciones para el AAV encendiendo la bandera que indica que este registro ha sido “procesado” (enviado al SAAV). Ver figuras 15, 16 y 17.

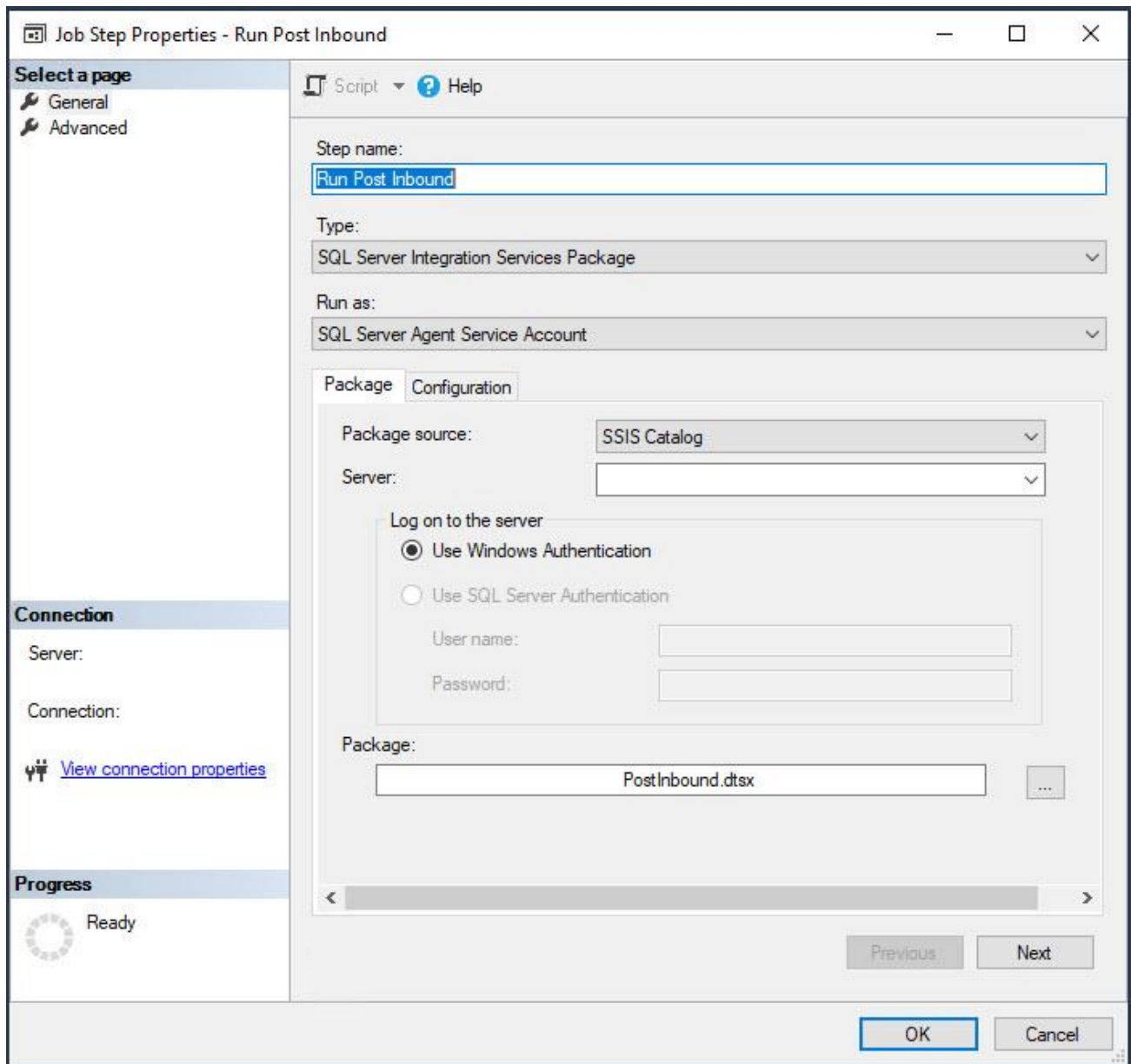


Fig. 15. Definición del trabajo de recepción de materiales

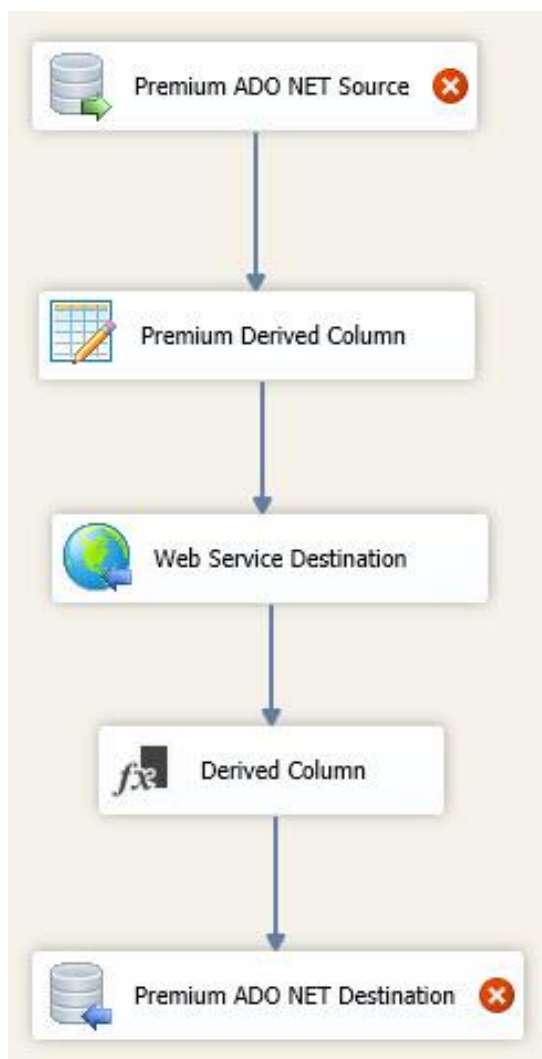


Fig. 16. Componentes del trabajo de recepción de materiales

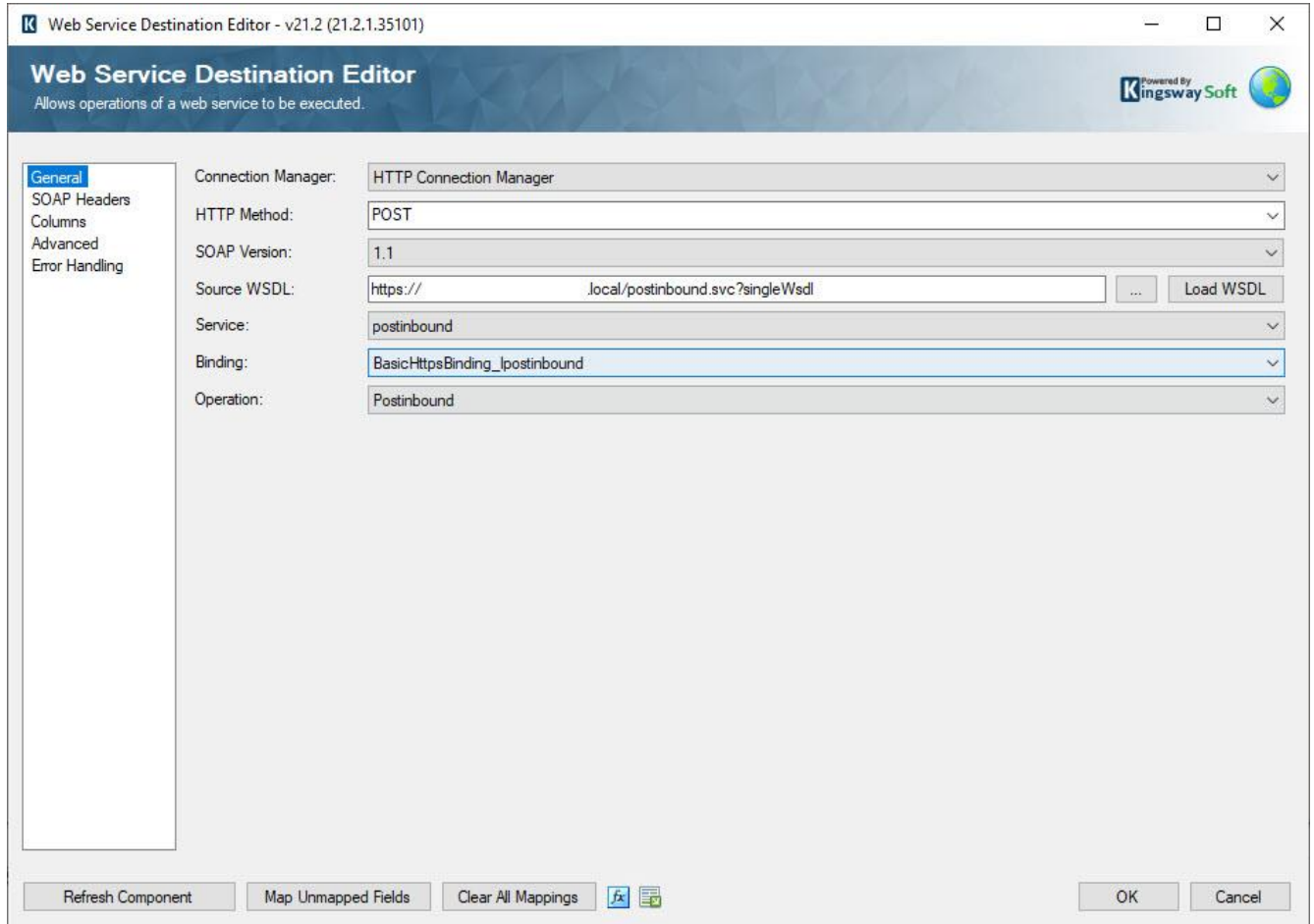


Fig. 17. Servicio web del trabajo de recepción de materiales

El servicio web del SAAV recibe el archivo XML con la información del componente que se debe ingresar al inventario. El operador de almacén utiliza la computadora del AAV para ver los materiales que han sido recibidos de forma tal que puede procesar todas las transacciones pendientes en el momento deseado. Una vez elegida la transacción, el SAAV manipula los cajones y baja de la torre vertical el cajón donde se almacenará el componente a recibir.

El operador de almacén cuenta manualmente el número de piezas recibidas. En un futuro, el operador de almacén utilizará la báscula digital en la que colocará toda la cantidad recibida del componente, con lo cual el sistema determinará el número de piezas que se

van a recibir. Si ambas cantidades concuerdan, el proceso de recepción termina aquí, y el operador de almacén puede procesar el siguiente componente por recibir.

En caso de que la cantidad física del componente en cuestión difiera de la cantidad ingresada en el sistema ERP, el SAAV genera una señal mediante la cual, al término del proceso de recepción de materiales, se solicita la intervención de un supervisor de almacén que corrobore y valide las discrepancias encontradas. Una vez que el supervisor autoriza las discrepancias, el SAAV genera un archivo XML con los datos necesarios para llevar a cabo un ajuste de inventario en el sistema ERP para cada componente que tuvo diferencias. Este archivo se deposita en otro directorio compartido temporal.

Otro proceso automático creado en el Agente SQL Server (que se ejecuta cada cinco minutos) busca archivos XML en el directorio compartido temporal. Al momento de encontrar alguno, lo mueve a un directorio preestablecido donde el motor XML lo inyecta al sistema ERP mediante el uso de una rutina escrita en java. Este archivo XML le indica al sistema ERP los componentes para los cuales se requiere hacer una transacción de ajuste de inventario.

Pago de materiales a órdenes de producción

Nuestro sistema ERP genera un archivo XML al momento de imprimir la requisición de materiales para una orden de producción. El archivo XML se deposita en un directorio compartido temporal. Un proceso automático creado en el Agente SQL Server (que se ejecuta cada cinco minutos) busca archivos XML en el directorio compartido temporal. Al momento de encontrar alguno, el proceso toma el archivo y lo mueve a otro directorio temporal. En este momento, se ejecuta un proceso escrito en Microsoft SSIS que crea una copia del archivo XML original de la cual se eliminan todas aquellas líneas de la orden que corresponden a materiales que no se guardan en el AAV. Este archivo XML modificado se guarda, y se envía al servicio web del SAAV. Ver imágenes 18, 19 y 20.

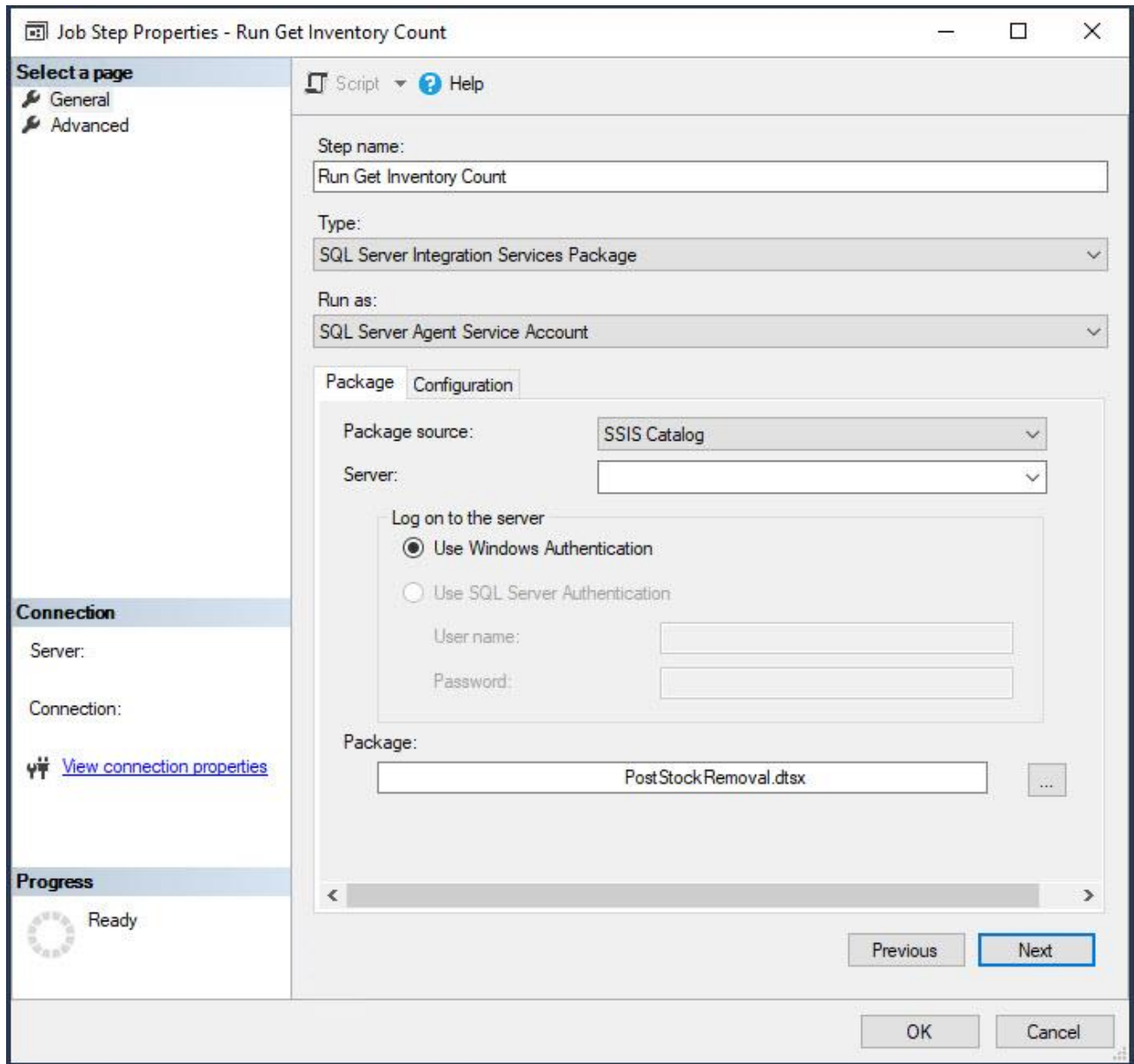


Fig. 18. Definición del trabajo de requisición de materiales para órdenes de producción

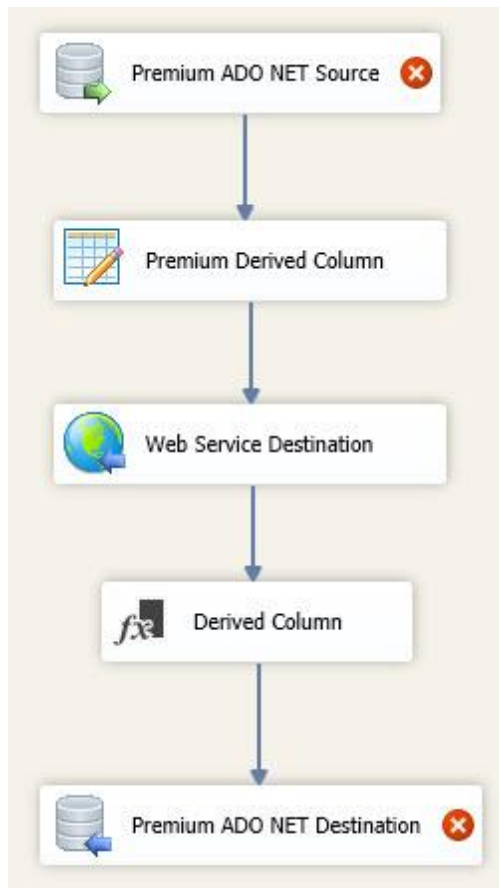


Fig. 19. Componentes del trabajo de requisición de materiales para órdenes de producción

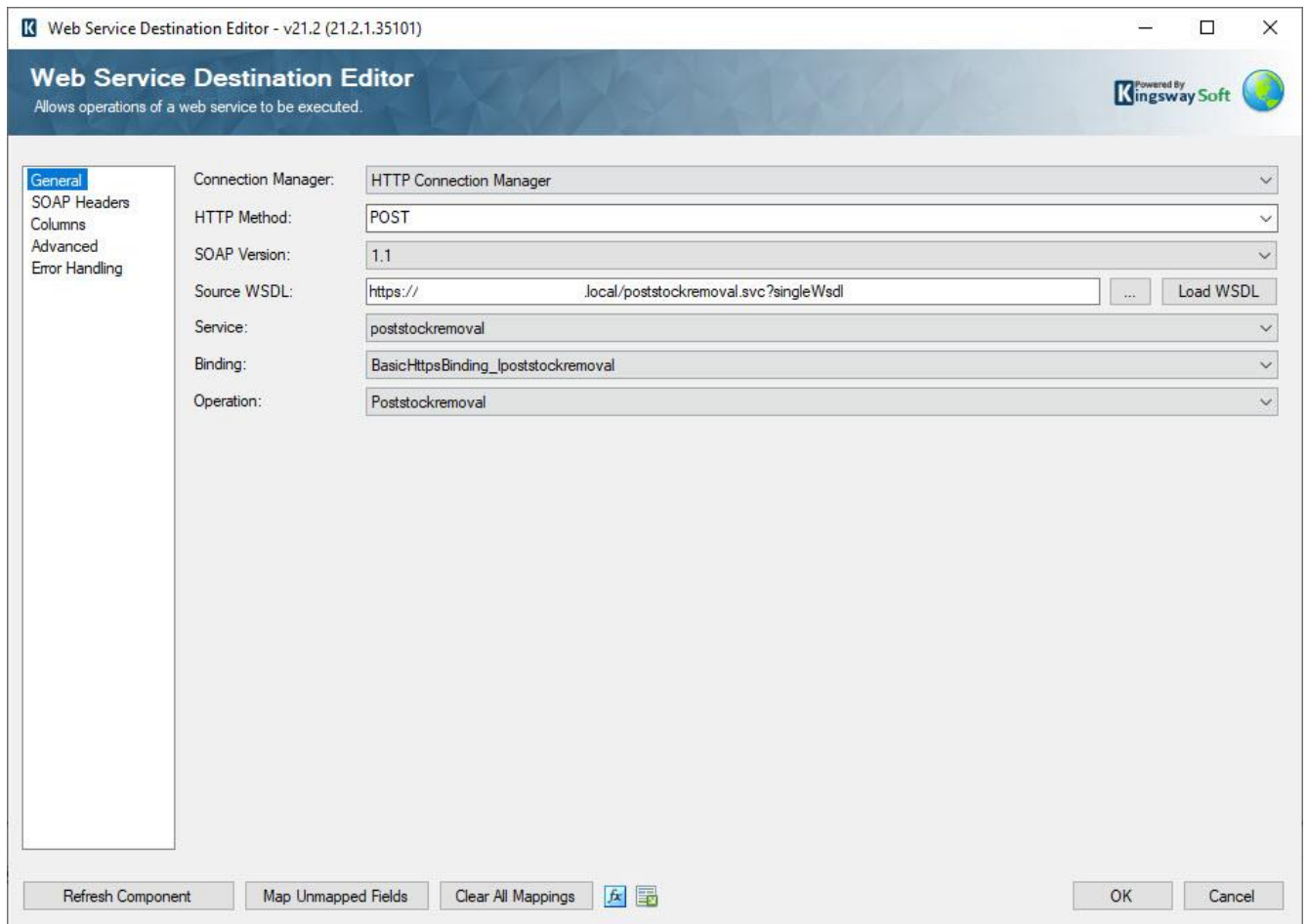


Fig. 20. Servicio web del trabajo de requisición de materiales para órdenes de producción

El servicio web del SAAV recibe el archivo XML con la información de la orden de producción que se tiene que surtir. El operador de almacén acude a la computadora del AAV, e ingresa el número de la orden de producción. El SAAV despliega el componente que será recolectado en ese instante en pantalla, junto con su ubicación actual y la cantidad a recolectar de dicha ubicación. El SAAV localiza el cajón del que se va a extraer el componente, y lo mueve de la torre vertical hasta la charola de recolección. Mediante el uso de apuntadores láser, el SAAV le indica al operador de almacén el compartimento en el que se encuentra el componente que se está recolectando en ese instante (ver figura 21).



Fig. 21. Operador mostrando el apuntador láser usado para la identificación de componentes en la charola de recolección

El operador de almacén toma una cierta cantidad del componente y la cuenta de manera manual. El SAAV cuenta con una báscula digital que se basa en el peso unitario del componente así como la cantidad solicitada del mismo para facilitar el proceso de recolección; en una fase posterior de la implementación se usará la báscula en vez del proceso de conteo manual.

Cabe mencionar que algunos de los componentes solicitados en la orden de producción podrán ser surtidos de forma total, mientras que otros lo serán de forma parcial (cuando la cantidad en existencia no alcance para cubrir la cantidad solicitada); en estas situaciones se generará un “corto” para la orden.

Una vez que el operador ha terminado de recolectar los componentes de la orden, procede a marcarla como “procesada” en la computadora del SAAV. En ese momento el SAAV crea un archivo XML con la información de los componentes que fueron recogidos, indicando la cantidad de cada uno; este archivo se guarda en un directorio compartido temporal. Mientras tanto, el operador de almacén procede a guardar cada componente en bolsas antiestáticas para finalmente armar el paquete que se entregará al área de Manufactura.

Otro proceso automático creado en el Agente SQL Server (que se ejecuta cada cinco minutos) busca archivos XML en el directorio compartido temporal. Al momento de encontrar alguno, lo mueve a un directorio preestablecido donde el motor XML lo inyecta al sistema ERP mediante el uso de una rutina escrita en java. Ver figuras 22, 23 y 24.

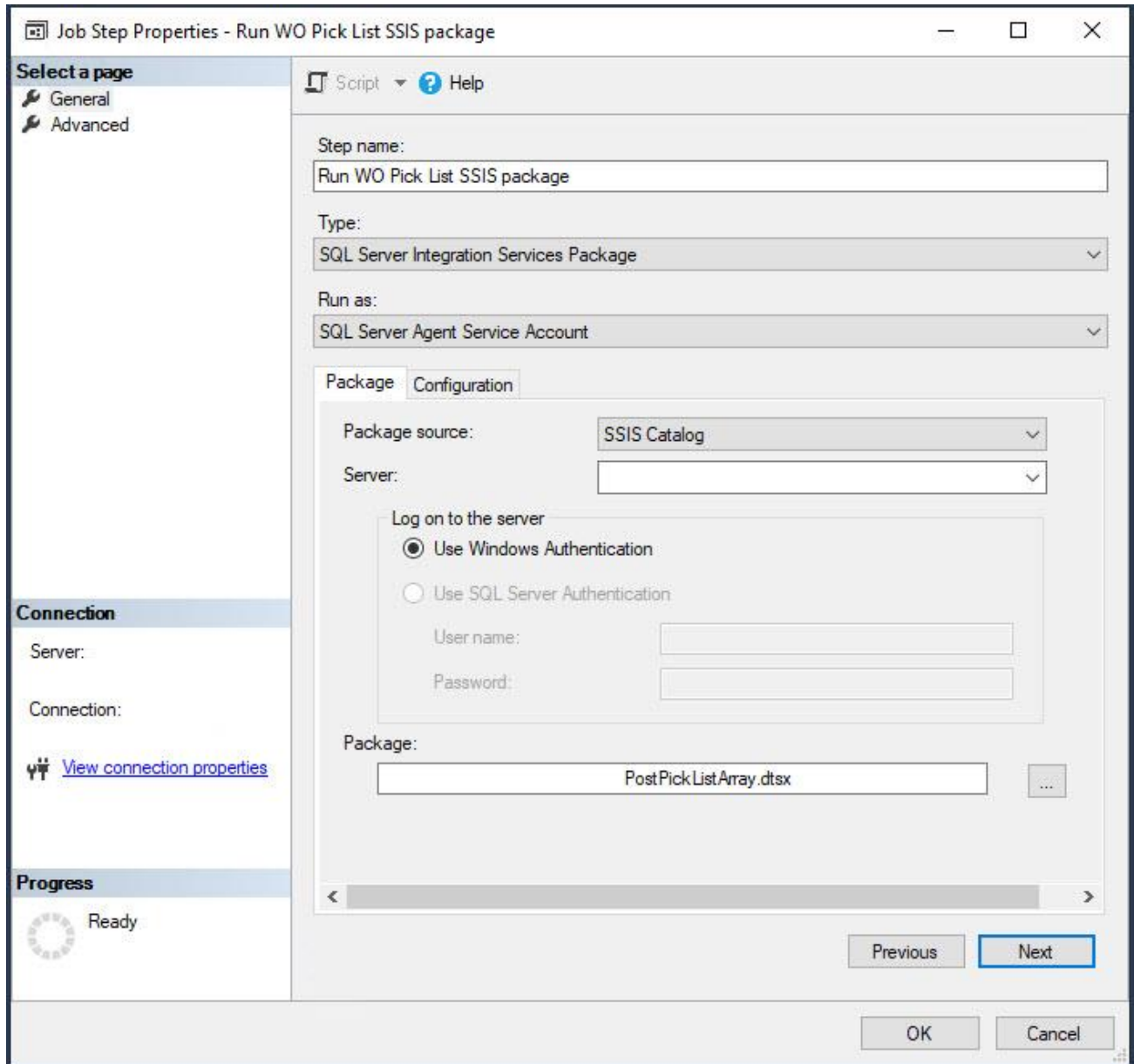


Fig. 22. Definición del trabajo de pago de materiales para órdenes de producción

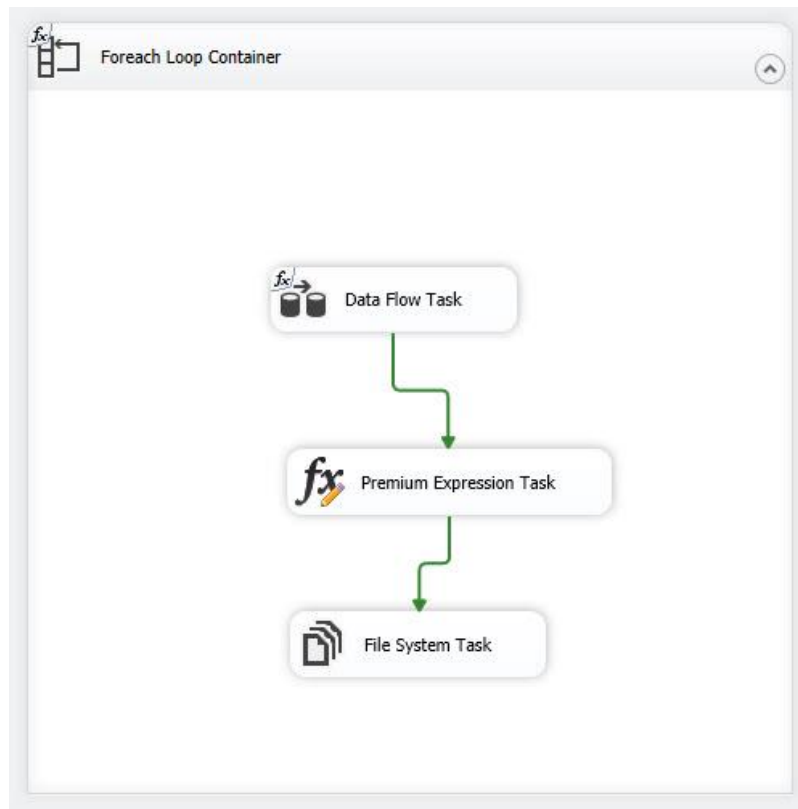


Fig. 23. Componentes del trabajo de pago de materiales para órdenes de producción

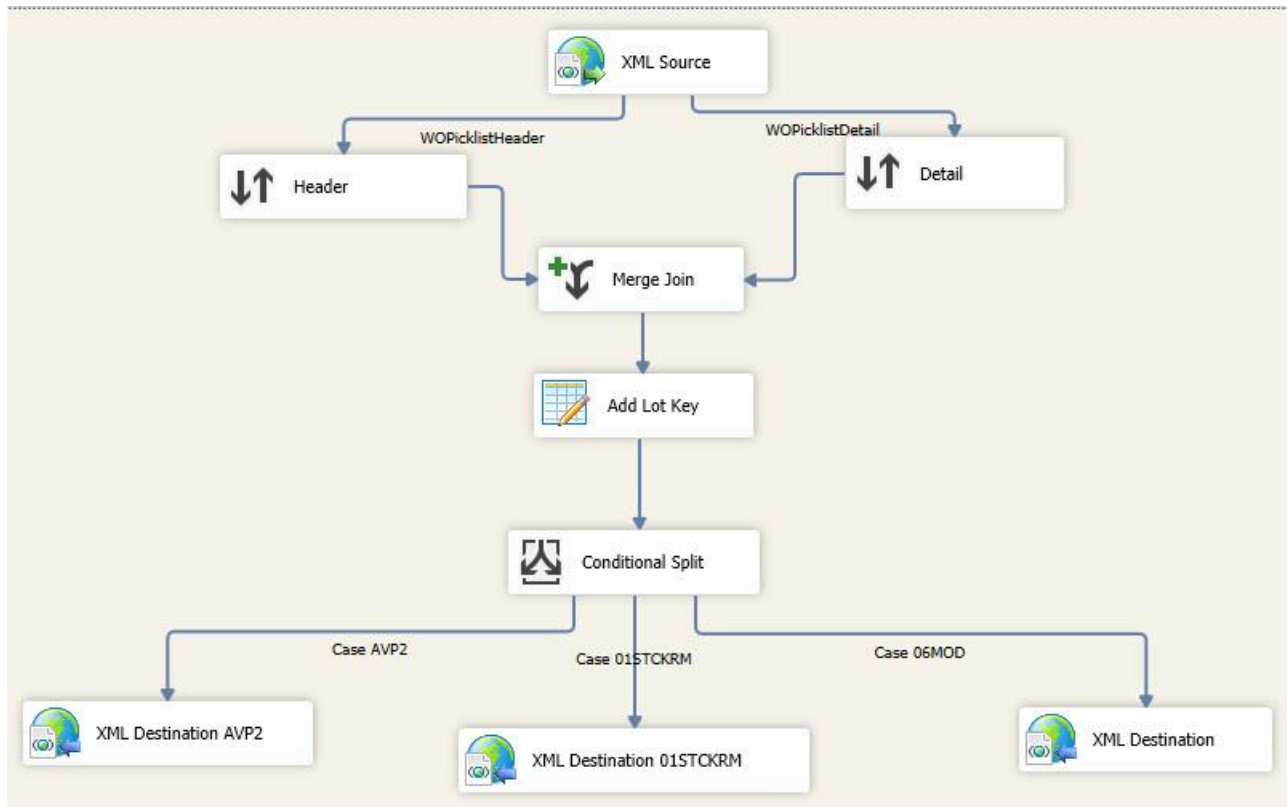


Fig. 24. Componentes del trabajo de pago de materiales para órdenes de producción (detalle)

Este archivo XML le indica al sistema ERP los componentes de la orden de producción que fueron extraídos del AAV y que le serán entregados al área de Manufactura, junto con las cantidades de cada uno de ellos. Para aquellos componentes que fueron entregados de forma parcial, el sistema ERP creará una orden de “corto”.

Proceso para conteo de inventario físico

Nuestro sistema ERP cuenta con un proceso para llevar a cabo el conteo de inventario físico. El operador de almacén crea un ciclo de conteo y escoge la locación de inventario asociada al AAV. Posteriormente, el operador crea la lista de los componentes para los que va a realizar el conteo. Una vez terminada la lista, el operador imprime un listado que incluye las claves de los componentes que se van a contar; este listado muestra la ubicación del componente en el AAV así como la cantidad disponible como lo indica la base de datos del sistema ERP. Durante la impresión de la lista, una rutina crea un archivo XML que contiene la información de los componentes que se deben contar, y lo guarda en un directorio compartido temporal.

Un proceso automático creado en el Agente SQL Server (que se ejecuta cada cinco minutos) busca archivos XML en el directorio compartido temporal. Al momento de encontrar alguno, lo envía al servicio web del SAAV. Ver figuras 25, 26 y 27.

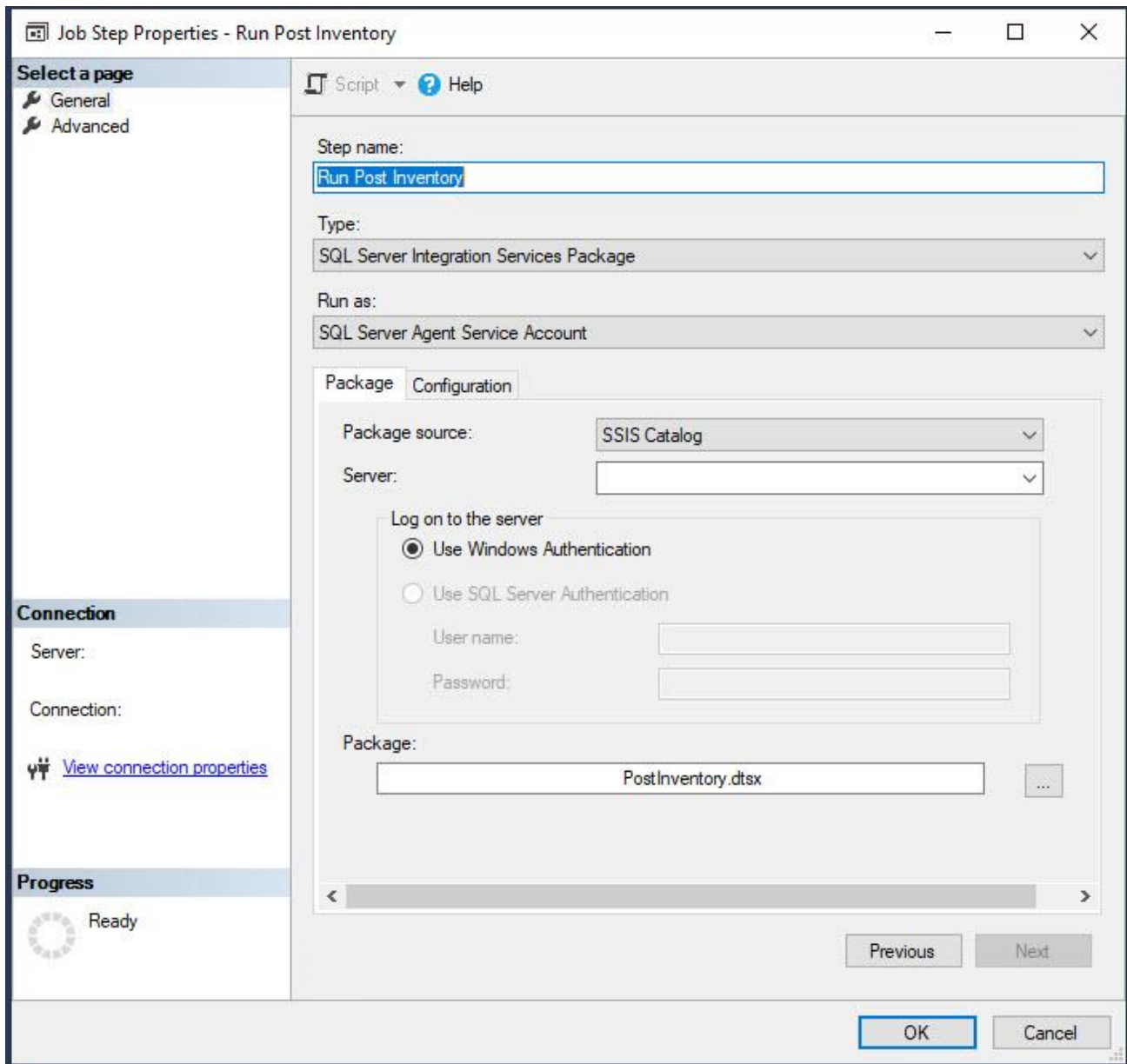


Fig. 25. Definición del trabajo de conteo de inventario físico

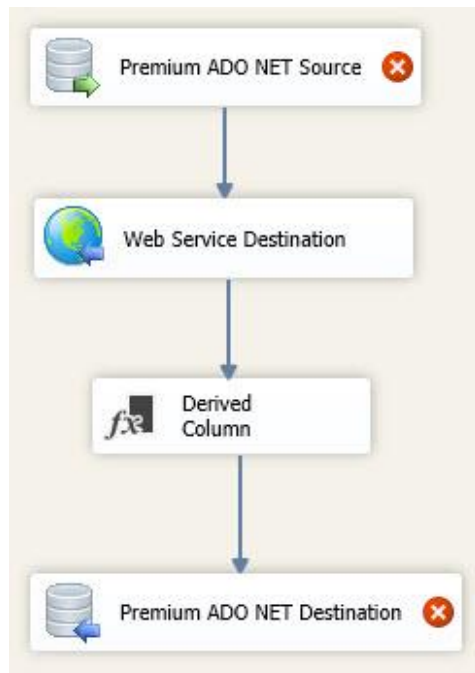


Fig. 26. Componentes del trabajo de conteo de inventario físico

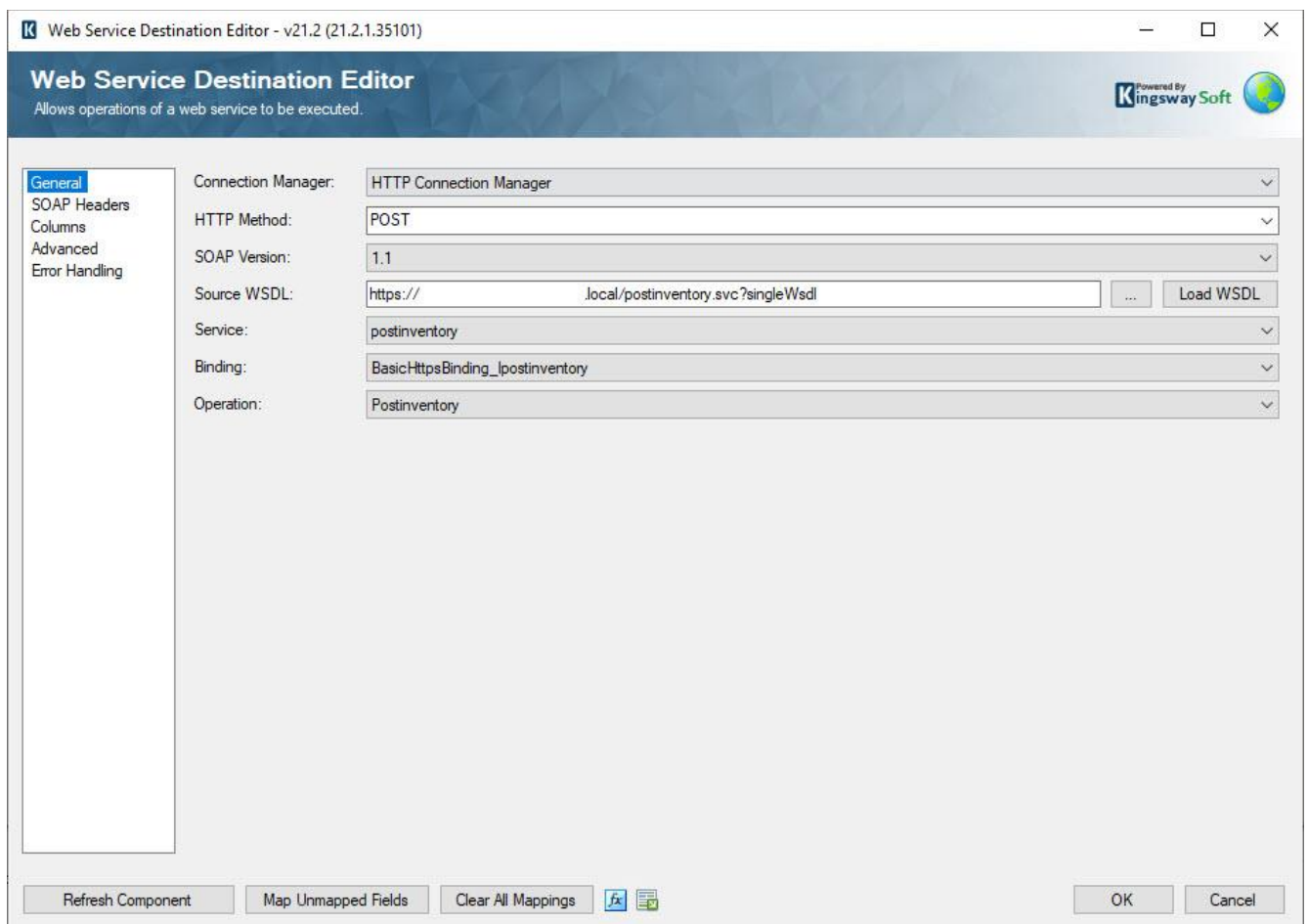


Fig. 27. Servicio web del trabajo de conteo de inventario físico

El servicio web del SAAV recibe el archivo XML con la información de los componentes para los que se desea llevar a cabo el conteo. Cabe mencionar que cuando el SAAV se utiliza para realizar un conteo físico de inventario, el equipo queda inhabilitado para hacer otras operaciones (no se pueden hacer recepciones ni extracciones de material).

Al momento que el operador de almacén quiere efectuar el conteo de inventario físico, usa la computadora para indicarle al SAAV el inicio de la operación. El SAAV comenzará a mover los cajones donde se encuentran almacenados los componentes a contar, llevándolos uno a uno a la plataforma de acceso. De nuevo, mediante el uso de apuntadores láser, el SAAV le indica al operador el compartimento donde está el componente a contar. Cuando se termina de contar un compartimento específico, el operador de almacén ingresa en la computadora del SAAV la cantidad que se contó físicamente. Este proceso se repite tantas veces como componentes se tengan que contabilizar.

Una vez terminado el proceso de conteo de todos los componentes, el SAAV verifica si hubo discrepancias entre la cantidad ingresada por el operador de almacén y la cantidad registrada en el sistema. En caso de encontrar diferencias, el SAAV genera una señal en la que se requiere la intervención de un supervisor de almacén que corrobore y valide la discrepancia en las cantidades. Si el supervisor valida la discrepancia en las cantidades, el proceso modifica la cantidad en existencia del componente específico en el SAAV. Una vez terminados los procesos de ingreso de cantidades y de autorización de discrepancias (en caso de ser necesario), el SAAV genera un archivo CSV (colaboradores de Wikipedia, 2023b) con los datos del conteo (entre la información utilizada se encuentran la clave del componente y la cantidad encontrada). Este archivo se guarda en un directorio compartido temporal.

Otro proceso automático creado en el Agente SQL Server (que se ejecuta cada cinco minutos) busca archivos CSV en el directorio compartido temporal. Al momento de encontrar alguno, lo mueve a un directorio preestablecido donde un programa escrito en

SSIS lee cada registro del archivo CSV y lo inserta en una tabla temporal del sistema ERP, para posteriormente ejecutar una tarea automatizada que validará la información recibida y almacenará la cantidad encontrada en el SAAV en la tabla de resultados del conteo de inventario físico. Ver figuras 28, 29 y 30.

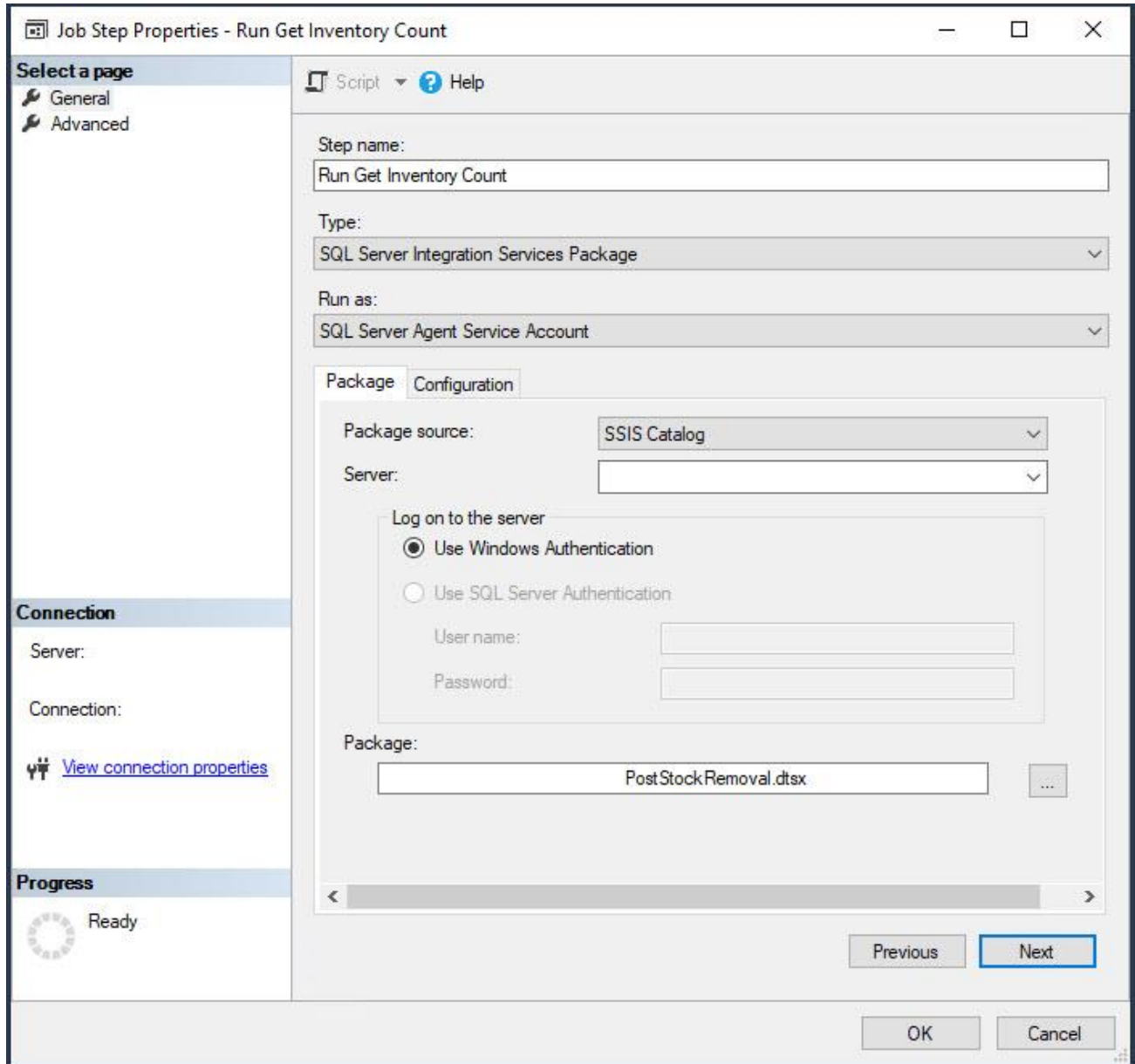


Fig. 28. Definición del trabajo de resultados del conteo de inventario físico

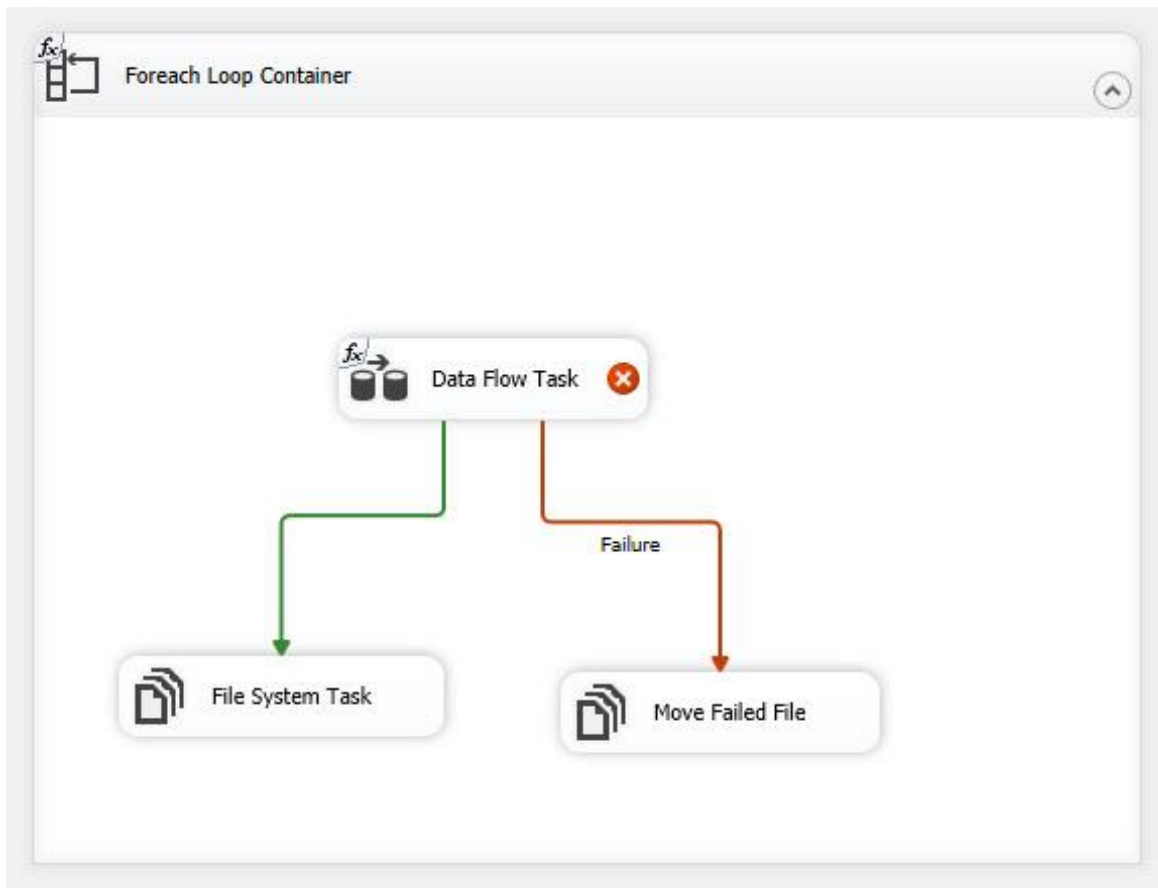


Fig. 29. Componentes del trabajo de resultados del conteo de inventario físico

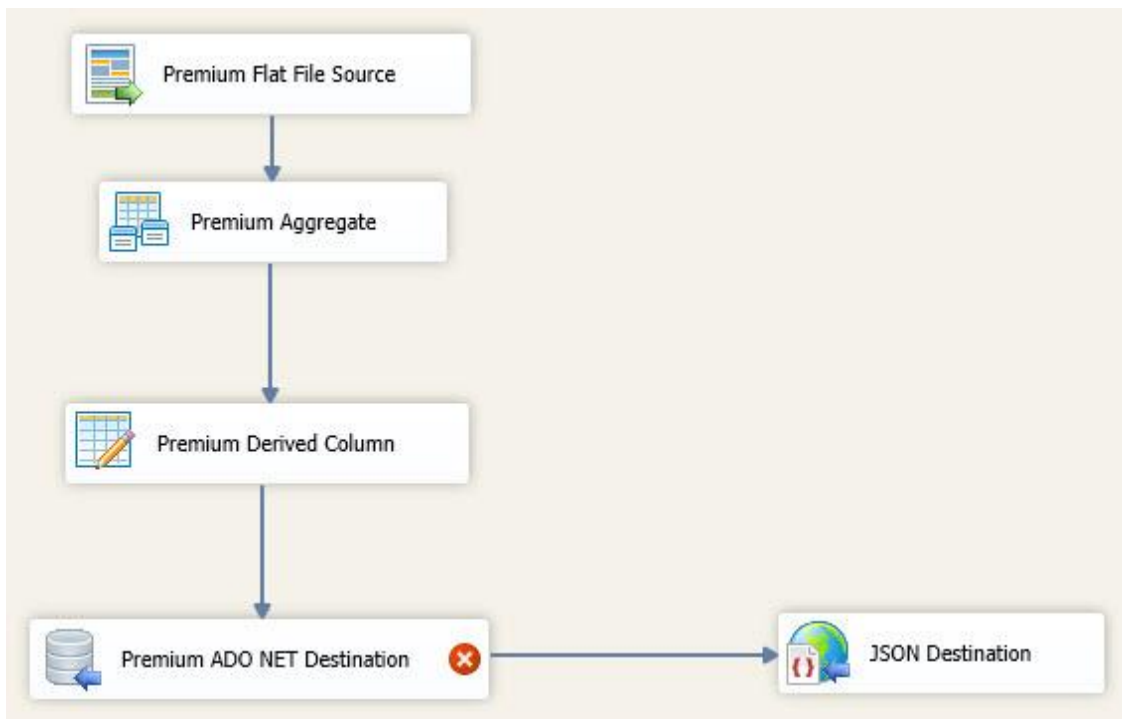


Fig. 30. Componentes del trabajo de resultados del conteo de inventario físico (detalle)

Este proceso evita que el operador de almacén tenga que ingresar de forma manual los resultados del conteo, disminuyendo el tiempo invertido en este proceso y minimizando el error humano. En caso de que haya discrepancias entre la cantidad reportada por el sistema ERP y la cantidad encontrada en el SAAV para un cierto componente, el sistema ERP solicitará la intervención de un supervisor de almacén que autorice el ajuste de inventario hecho en el sistema ERP.

Resultados

La implementación del AAV se concluyó en la fecha inicialmente establecida (12 de julio del 2021), cumpliendo así con los requisitos del proyecto, a pesar de que éste me fue asignado cuando ya presentaba demoras en su avance.

Cabe señalar que el grupo ERP del área de IT (al que pertenezco) se encarga de dar servicio y soporte a todas las plantas de la empresa a nivel mundial. La gestión de todos los proyectos que se realizan es responsabilidad de las áreas solicitantes con aprobación de la Dirección General, y nosotros no tenemos ninguna injerencia en el análisis de resultados, por lo que no tenemos acceso a las conclusiones de cada proyecto como el que se presentó en este informe.

Desafortunadamente, ni siquiera mi jefe inmediato tiene acceso a estos datos. Aun cuando pudiera yo solicitar y revisar esa información, ésta es considerada confidencial, razón por la cual no se me permitiría proporcionarla, y menos autorizar que fuera publicada en este informe.

Desde el punto de vista del área de IT, el trabajo realizado (carga de datos, modificaciones a la base de datos, programación del sistema ERP, desarrollo de interfaces, pruebas de comunicación, pruebas operativas y capacitación a los usuarios), así como la puesta en marcha en tiempo y forma dieron como resultado una implementación exitosa, ya que se cumplió con el compromiso y las expectativas establecidos.

Por otro lado, esta implementación se tradujo en una verdadera solución para el negocio, ya que por la retroalimentación que recibimos de parte del personal de las áreas operativas de Almacén y Manufactura sabemos que han mejorado varias actividades, como se menciona a continuación:

- Durante los primeros días el tiempo de respuesta en el proceso de pago de materiales a órdenes de producción fue mayor al esperado. Después de una semana de

operación, dicho tiempo mejoró en comparación al que se venía manejando en el proceso de recolección manual.

- El tiempo invertido en las operaciones de reabastecimiento y recolección de componentes para órdenes de producción se redujo considerablemente, ya que el operador de almacén sólo tiene que ingresar el número del recibo que desea almacenar o el número de la orden de producción que desea surtir en la computadora del AAV, y el SAAV se encarga de mover los cajones necesarios hasta la plataforma de recolección, indicándole el compartimento en el cual se deben colocar o del cual se deben extraer los componentes. La única parte de estos procesos que aún se ejecuta de forma manual es el conteo de las piezas. Se espera en un futuro poder usar la báscula digital para poder realizar dicho conteo de forma semiautomatizada.
- En el caso de los procesos de recepción de materiales y conteo de inventario físico, comenzaron a utilizarse al término de la primera semana y el primer mes, respectivamente. El proceso de recepción de materiales se lleva a cabo en horarios donde disminuye la carga de trabajo por pago de materiales a órdenes de producción ya que el proceso de carga inhabilita el uso del SAAV – este sistema no puede cargar ni extraer material o realizar conteo de inventario al mismo tiempo.
- El proceso de conteo de inventario físico implicó un reto para el personal de almacén, ya que ahora deben esperar a que la(s) charola(s) baje(n) del AAV para contar cada componente, mismo que puede estar distribuido en varias charolas; este proceso concluye hasta contar el último componente de la lista. Eventualmente, por la experiencia adquirida de los usuarios inherente a su curva de aprendizaje, se espera una reducción en el tiempo de ejecución.
- Con el uso de esta solución de almacenaje, el personal ya no tuvo la necesidad de desplazarse a través del almacén físico buscando las ubicaciones de los componentes que fueron incluidos en el AAV, con lo cual disminuyó el tiempo de recolección de materiales.

Además de las mejoras en la operación mencionadas anteriormente, también se obtuvieron otros beneficios tales como:

- Disminución de accidentes de trabajo por el uso de escaleras o barandillas.
- Espacio físico mejor organizado con más orden y limpieza que facilita la gestión de materiales (ver figura 31).

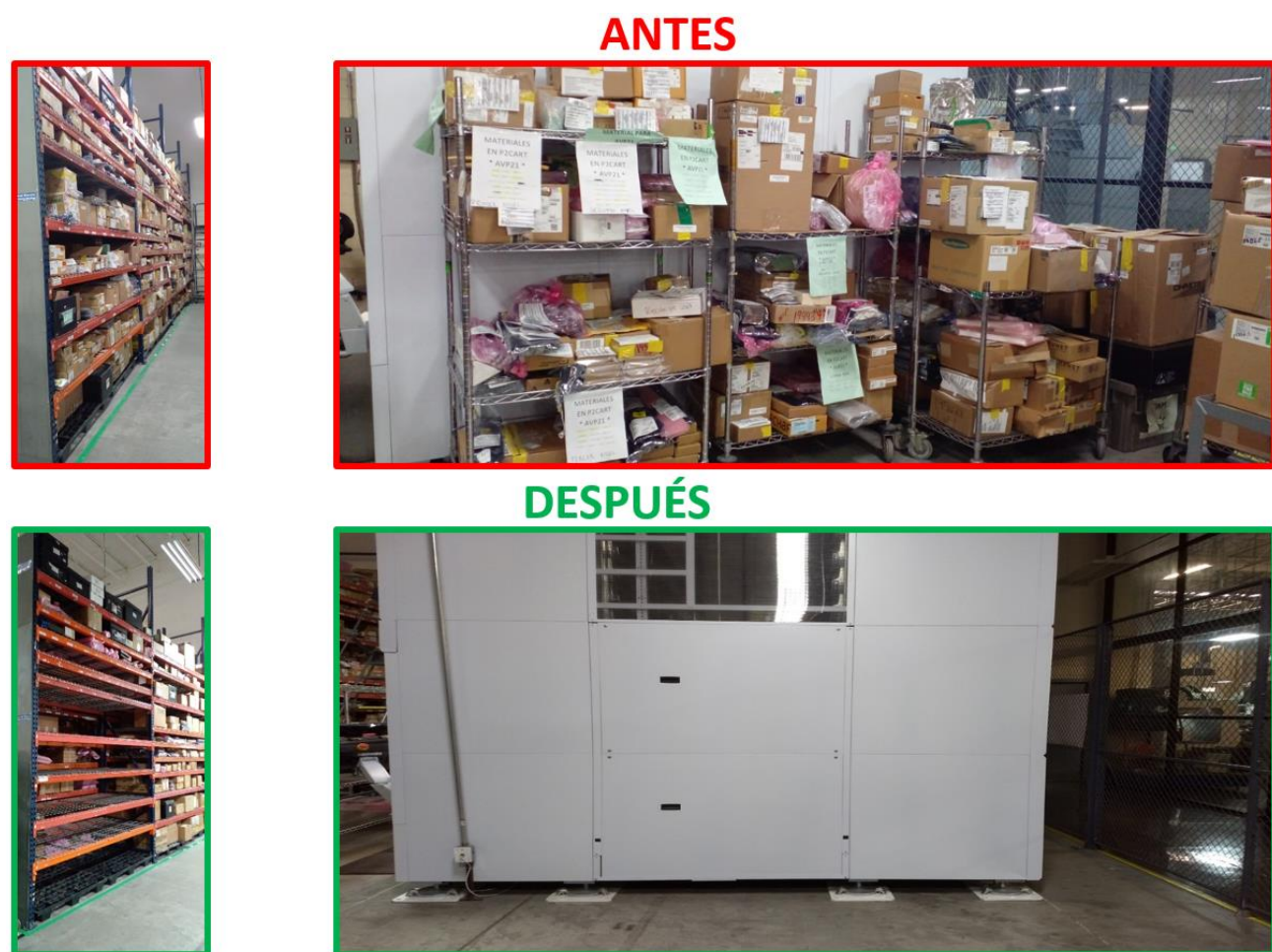


Fig. 31. Locación física antes y después de la implementación del AAV

- Un modelo de capacitación autosustentable llamado “Entrenador Entrenado” (el cual consistió en capacitar a un grupo de usuarios para que pudieran posteriormente entrenar a nuevo personal usando las herramientas que les fueron proporcionadas para

tal fin, además de su propia experiencia obtenida durante la puesta en marcha y con el uso cotidiano del sistema).

Todo el material elaborado para la capacitación del personal (manuales de usuario y material audiovisual) fue integrado a las carpetas de proceso del área, de forma tal que cualquier empleado nuevo que se incorpore a la empresa será capacitado desde el inicio en el manejo de los sistemas ERP y AAV.

Conclusiones

De acuerdo con la planeación inicial de este proyecto, las etapas de análisis, diseño, programación e implementación para su solución fueron satisfactorias y permitieron que el proyecto concluyera en el tiempo estipulado.

Replantear el alcance original del proyecto, limitándolo a las operaciones de recepción de materiales, pago de materiales a órdenes de producción y conteo de inventario físico, contribuyó a que se pudiera terminar y liberar en la fecha establecida para la puesta en marcha, a pesar de los diferentes inconvenientes a los que nos enfrentamos desde el inicio y durante el desarrollo del proyecto.

En relación con los objetivos planteados al inicio, se puede concluir que sí se cumplieron, ya que se lograron mejorar la mayoría de las métricas establecidas por las áreas de Almacén y Manufactura, y pudimos constatar los siguientes beneficios del uso del AAV en el almacén:

- Ahorro de costos de operación.
- Precisión del inventario.
- Reducción de errores por parte de los operadores.
- Reducción del tiempo de entrega de materia prima a otras áreas.
- Disminución del tiempo de colocación de materiales.
- Disminución del número de accidentes de trabajo ocasionados por el uso de escaleras o barandillas.

Además, fue posible integrar una nueva metodología de trabajo en el área de Almacén llamada “mercancía a hombre”, contraria a la forma tradicional que se venía utilizando, que redujo los tiempos de operación considerablemente.

En el área de IT pudimos concluir que los productos adicionales que se eligieron para desarrollar las interfaces (Microsoft SSIS y Agente SQL Server) cumplieron las

expectativas, y facilitaron el desarrollo de los métodos de transporte, transformación y carga de datos entre ambos sistemas.

En resumen, las modificaciones a la base de datos, los cambios realizados al sistema ERP, las interfaces para comunicar los procesos del sistema ERP y los servicios web del SAAV funcionaron conforme a lo planeado.

A mediano plazo se podrán incorporar otros procesos del área de Almacén como: transferencia de materiales entre diferentes ubicaciones, transferencia de materiales entre compañías, surtido de materiales para pruebas, etc., así como también ampliar el catálogo de componentes y materiales almacenados dentro del AAV.

De igual manera, el material de capacitación será traducido al idioma inglés cuando se requiera implementar esta solución en otra(s) planta(s) de la compañía en diferentes países.

Finalmente, esta implementación nos permitirá replicar esta nueva forma de trabajo en otras plantas de la compañía a nivel mundial. Con el conocimiento y la experiencia adquiridos se podrán llevar a cabo este tipo de proyectos en menor tiempo y con mayor eficiencia, ya que se podrá reutilizar el código de programación de los desarrollos e interfaces que se crearon.

Referencias bibliográficas

Agente SQL Server

<https://learn.microsoft.com/es-mx/sql/ssms/agent/sql-server-agent?view=sql-server-ver16>

Markingmyname. (2023, 30 mayo). *Agente SQL Server - SQL Server Agent*. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/es-mx/sql/ssms/agent/sql-server-agent?view=sql-server-ver16>

https://es.wikipedia.org/wiki/SQL_Server_Agent

colaboradores de Wikipedia. (2021). SQL Server Agent. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/wiki/SQL_Server_Agent

Almacén automático vertical

https://es.wikipedia.org/wiki/Almac%C3%A9n_autom%C3%A1tico_vertical

colaboradores de Wikipedia. (2023). Almacén automático vertical. *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

https://es.wikipedia.org/wiki/Almac%C3%A9n_autom%C3%A1tico_vertical

<https://www.mecalux.com.mx/manual-almacen/sistemas-de-almacenaje/almacen-vertical-carrusel-horizontal>

Mecalux. (s. f.). *Almacenes verticales y carruseles verticales u horizontales*.

<https://www.mecalux.com.mx/manual-almacen/sistemas-de-almacenaje/almacen-vertical-carrusel-horizontal>

<https://logisticasimple.com.mx/que-es-un-almacen-automatico-vertical/>

LogisticaSimple. (2023). Qué es un almacén automático vertical. *Logistica Simple*.

<https://logisticasimple.com.mx/que-es-un-almacen-automatico-vertical/>

CSV

https://es.wikipedia.org/wiki/Valores_separados_por_comas

colaboradores de Wikipedia. (2023b). Valores separados por comas. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/wiki/Valores_separados_por_comas

Disparadores (triggers)

https://www.udb.edu.sv/udb_files/recursos_guias/informatica-ingenieria/base-de-datos-ii/2019/ii/guia-7.pdf

(Tema: *DISPARADORES (TRIGGERS)*, s/f)

Tema: *DISPARADORES (TRIGGERS)*. (s/f). Edu.sv. Recuperado el 12 de octubre de 2023, de https://www.udb.edu.sv/udb_files/recursos_guias/informatica-ingenieria/base-de-datos-ii/2019/ii/guia-7.pdf

ERP

<https://softwarepara.net/que-es-un-erp-significado/>

SPNet. (2023). Qué es un ERP, para qué sirve y cuáles son sus beneficios. *SPnet*. <https://softwarepara.net/que-es-un-erp-significado/>

Metodología RAD

<http://metodologiarad.weebly.com/>

Metodología RAD. (s. f.). Metodología RAD. <http://metodologiarad.weebly.com/>

Microsoft SQL Server

<https://www.computerweekly.com/es/definicion/Microsoft-SQL-Server>

Hughes, A., & Stedman, C. (2021). Microsoft SQL Server. *ComputerWeekly.es*. <https://www.computerweekly.com/es/definicion/Microsoft-SQL-Server>

Microsoft SQL Server Integration Services (SSIS)

https://es.wikipedia.org/wiki/SQL_Server_Integration_Services

colaboradores de Wikipedia. (2023a). SQL Server Integration Services. *Wikipedia, la enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/wiki/SQL_Server_Integration_Services

Oracle

<https://www.ionos.mx/digitalguide/hosting/cuestiones-tecnicas/oracle-database/>

Equipo editorial de IONOS. (2022, 16 febrero). Oracle Database: Definición y funcionamiento. IONOS Digital Guide. <https://www.ionos.mx/digitalguide/hosting/cuestiones-tecnicas/oracle-database/>

XML

<https://aws.amazon.com/es/what-is/xml/#:~:text=El%20lenguaje%20de%20marcado%20extensible,datos%20y%20aplicaciones%20de%20terceros>

¿Qué es XML? - Explicación del lenguaje de marcado extensible (XML) - AWS. (s. f.).

Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/xml/#:~:text=El%20lenguaje%20de%20marcado%20extensible,datos%20y%20aplicaciones%20de%20terceros>

Glosario

Almacén Automático Vertical (AAV) Un almacén automático vertical o armario automático vertical o VLM (“Vertical Lift Module” en inglés) es un sistema de almacenamiento que aprovecha toda la altura disponible bajo techo. Este sistema está basado en el principio de “mercancía al hombre” y no al contrario.

La principal cualidad de los sistemas de almacenamiento vertical es el aprovechamiento máximo de la altura disponible con la menor superficie utilizada.

Un almacén vertical está compuesto por una estructura cerrada, similar a un enorme armario, con ubicaciones interiores en el frente y la trasera en las que se alojan bandejas especiales que albergan la mercancía.

Entre las dos columnas de ubicaciones se desplaza una lanzadera con movimiento vertical. El sistema puede tener hasta 15m de altura y existen dos modelos de bandeja, uno de 600mm y otro de 800mm de profundidad, que pueden tener un largo de entre 2.000 y 4.200 mm (aproximadamente).

Cada bandeja puede contener desde una única referencia a más de cien, dependiendo del tamaño y la configuración que se utilice. Las bandejas pueden ser diáfanas, disponer de cajones específicos o compartimentaciones flexibles y reducidas.

Cuando un operador selecciona en una pantalla la referencia que necesita, la lanzadera se desplaza en vertical hasta el nivel en el que se halla el producto, extrae la bandeja y se mueve, de nuevo verticalmente, hasta una abertura de la estructura habilitada al nivel del puesto de picking (recolección). En ese momento, el operador debe extraer las unidades que necesite de la bandeja correspondiente.

CSV

Los archivos CSV (del inglés “comma-separated values”) son un tipo de documento en formato

abierto sencillo para representar datos en forma de tabla, en las que las columnas se separan por comas (o punto y coma, en donde la coma es el separador decimal) y las filas por saltos de línea.

Disparador (“trigger”)

Un disparador (“trigger”, en inglés) define una acción que la base de datos debe llevar a cabo cuando se produce algún suceso relacionado con la misma. Los disparadores pueden utilizarse para completar la integridad referencial, también para imponer reglas de negocio complejas o para auditar cambios en los datos. El código contenido en un disparador (denominado cuerpo del disparador) está formado por bloques PL/SQL. La ejecución de disparadores es transparente para el usuario.

ERP

“Enterprise Resource Planning” en inglés (Planificación de Recursos Empresariales)

Microsoft SSIS (SQL Server Integration Services)

SQL Server Integration Services es una plataforma para la creación de soluciones empresariales de transformaciones de datos e integración de datos. Se utiliza Integration Services para resolver complejos problemas empresariales mediante la copia o descarga de archivos, la carga de almacenamientos de datos, la limpieza y minería de datos y la administración de datos y objetos de SQL Server.

RAD

El desarrollo rápido de aplicaciones o RAD (acrónimo en inglés de “rapid application development”) es un proceso de desarrollo de software, desarrollado inicialmente por James Martin en 1980. El método comprende el desarrollo interactivo, la construcción de prototipos y el uso de utilidades CASE (“Computer Aided Software Engineering”). Tradicionalmente, el desarrollo rápido de aplicaciones tiende a englobar también la usabilidad, utilidad y la rapidez de ejecución.

SQL Server Agent (Agente de Servidor SQL)

SQL Server Agent (Agente de Servidor SQL) es un componente de SQL Server de Microsoft que planifica trabajos (jobs) y maneja otras tareas automatizadas. Corre como servicio de Windows, por lo que puede empezar automáticamente cuando arranca el sistema o se puede empezar manualmente.

Las tareas características del sistema típico

incluyen planificar planes de mantenimiento (como copias de seguridad), manejo de Informes de suscripciones de Servicios y actuación de subtarear de registro (copia de seguridad, copia, restauración y control). Tareas de usuario, como planificar algún T-SQL o línea de comandos de declaración es también algo común.

SQL Agent tiene soporte para operadores y alertas, de modo que los administradores pueden ser notificados, por ejemplo, por correo electrónico.

XML

El lenguaje de marcado extensible (XML – “Extensible Markup Language” en inglés) permite definir y almacenar datos de forma compatible. XML admite el intercambio de información entre sistemas de computación, como sitios web, bases de datos y aplicaciones de terceros. Las reglas predefinidas facilitan la transmisión de datos como archivos XML a través de cualquier red, ya que el destinatario puede usar esas reglas para leer los datos de forma precisa y eficiente.