



## Modelo de Sistema de Supervisión para Líneas de Producción de Bebidas Carbonatadas en envases de vidrio bajo Tecnología 4.0

(Supervisory system model for carbonated beverage production lines in glass  
containers under technology 4.0).

Carlos L. Quintanilla L.

[Cquintanilla97@gmail.com](mailto:Cquintanilla97@gmail.com)

Pepsi-Cola Venezuela C.A. (Empresas Polar)

### RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo proponer un sistema de supervisión para líneas de producción de bebidas carbonatadas en envases de vidrios, sustentado en autores teóricos como Guerrero, Yuste y Martínez (2010) en la área de comunicaciones industriales, Pérez (2009) autómatas programables, Bailey y Wright (2003) en diseño de SCADA, entre otros. La investigación de tipo no experimental de campo, transaccional estuvo sustentados por autores metodológicos como Hernández, Fernández y Baptista (2007), Tamayo (2000), Hurtado (2007), dando basamentos metodológicos para realización de las distintas fases investigativas en las cuales se caracterizaron el comportamiento de las líneas de producción, se determinaron los parámetros funcionales del sistema de supervisión diseñándose el mismo para luego seleccionar los equipos y componentes necesarios validando el funcionamiento del sistema. El desarrollo de la investigación consistió en el desarrollo bajo el programa WinCC Flexible de Siemens para el desarrollo de la interfaz y el diseño de la arquitectura de comunicación utilizando una red Ethernet dando paso así a la intercomunicación de los equipos permitiendo llevar la esencia del sistema a un modelo de red para industrias 4.0 en líneas de producción de bebidas carbonatadas en Envases de vidrio, obteniendo como resultado el desarrollo de una arquitectura de procesos discriminando los elementos a supervisar para la puesta en marcha de una red de tipo SCADA con interconexión de los elementos de procesos permitiendo así la inserción del mismo al internet de las cosas gracias al protocolo Ethernet, dando paso al concepto de industrias 4.0, todo esto fundado en normas industriales basadas en compañías y asociaciones de estandarización.

**Palabras clave:** Líneas de Producción, Sistemas de Supervisión, Ethernet, Industrias 4.0.

### ABSTRACT

The objective of the research was to propose a supervision system for production lines of carbonated beverages in glass containers, supported by theoretical authors such as Guerrero, Yuste and Martínez (2010) in the area of industrial communications, Pérez (2009) programmable automatons, Bailey and Wright (2003)



in SCADA design, among others. The non-experimental, transactional field research was supported by methodological authors such as Hernández, Fernández and Baptista (2007), Tamayo (2000), Hurtado (2007), providing methodological bases for carrying out the different research phases in which they were characterized the behavior of the production lines, the functional parameters of the supervision system were determined, designing it and then selecting the necessary equipment and components, validating the operation of the system. The development of the research consisted in the development under the WinCC Flexible program from Siemens for the development of the interface and the design of the communication architecture using an Ethernet network, thus giving way to the intercommunication of the equipment, allowing to bring the essence of the system to a network model for industries 4.0 in production lines of carbonated beverages in glass containers, resulting in the development of a process architecture discriminating the elements to be supervised for the start-up of a SCADA-type network with interconnection of the elements of processes thus allowing its insertion to the internet of things thanks to the Ethernet protocol, giving way to the concept of industries 4.0, all this based on industrial standards based on standardization companies and associations.

**Keywords:** Production Lines, Supervision Systems, Ethernet, Industry 4.0.

### Introducción

La automatización de procesos en la industria de producción masiva, ha contribuido a la mejora continua de los productos y servicios generados con altos estándares de calidad, es por ello que dichos procesos han requerido un mayor seguimiento dentro de cada una de las fases de producción, dando esto pie a la introducción de sistemas de supervisión donde centraliza la información de proceso y se obtiene en tiempo real el estado actual del mismo.

La filosofía de automatización basada en el modelo de manufactura integrada por computadora o por sus siglas (CIM) expone los distintos niveles de automatización en una planta, donde define el tercer pilar como los sistemas de supervisión. En los sistemas de supervisión, además de ser independientes e integrados, propone una interfaz entre los sistemas de control, los usuarios y otros sistemas, permitiendo así obtener un registro histórico de todos los eventos de proceso y estados actuales.

En la industria de alimentos en la actualidad, los productos ofrecidos y la cantidad de demanda que posee el sector, ha determinado el aumento de control de los procesos para garantizar la calidad e inocuidad de sus productos entregados, por lo que la inserción de mayor supervisión en cada una de las etapas de los procesos en planta ha dado pie al diseño de sistemas de supervisión que permita a cada una de los departamentos dentro de la organización tener una mayor planificación y correcta planeación de producción en planta.

El sector de producción de bebidas carbonatas, un producto de consumo popular y masivo, ha requerido mayor avance en cuanto a la supervisión de producción, identificando los estados de cada uno de los elementos de procesos para lograr la calidad y el producto deseado al consumidor final, siendo en la perspectiva de Venezuela, un sector no tan desarrollado en cuanto a los sistemas de control y



supervisión, es por ello que se hace necesario un análisis de los sistemas de producción de bebidas carbonatadas, para ofrecer y lograr un diseño de sistema de supervisión adaptado a las necesidades actuales y que permita a los departamento que hacen vida en planta tener una visión en tiempo real de sus procesos.

El auge de las industrias 4.0 ha traído consigo la transformación digital que supone la aplicación de sistemas automatizados que permitan tener una especial incidencia en los procesos productivos permitiendo tener interconexión con los procesos productivos y las unidades productivas, creando redes digitales que nos permitan avanzar de manera más eficientes y obtener el mayor aprovechamiento de los recursos.

Los elementos que conforman la digitalización de los datos y que apalanca el génesis de las industrias 4.0 son la automatización de procesos, el acceso digital del cliente, conectividad e información digital. El nivel de transformación que ha traído la innovación de la 4.0 ha permitido modificar las estrategias empresariales, trayendo consigo el matrimonio entre la Big Data y la robotización.

### **Metodología**

Las técnicas utilizadas para la elaboración de la presente investigación es la observación directa en el cual Hurtado (2007), explica que la observación directa constituye un proceso de atención, recopilación, selección y registro de información apoyada con la revisión documental, teniendo como instrumento un Checklist cuya validación será realizada por la empresa Pepsi-Cola Venezuela C.A, el mismo se utilizara con la finalidad de obtener una vista del proceso de fabricación de bebidas carbonatadas en envases de vidrios, teniendo en cuenta durante la observación la disposición de los equipos, sistema de alimentación eléctrica, sistemas de comunicación entre otros, que se encuentra documentado en planos.

En esta investigación, la metodología seleccionada para el desarrollo de la misma está sustentada en 5 fases investigativas las cuales son; (1) Caracterizar los procesos de las líneas de producción de bebidas carbonatadas en envases de vidrio, (2) Determinar parámetros funcionales del sistema para el Sistema de Supervisión en líneas de Producción de Bebidas Carbonatadas en Envases de Vidrio, (3) Diseñar el sistema de Supervisión para líneas de Producción de Bebidas Carbonatadas en Envases de Vidrio, (4) Seleccionar equipos y componentes del sistema de supervisión para líneas de Producción de Bebidas Carbonatadas en Envases de Vidrio y 5 (Validar el funcionamiento del sistema).

### **Resultados de la investigación**

Se da el nombre de Scada (Supervisory Control And Data Acquisition o Control con Supervisión y Adquisición de Datos) o sistema de supervisión a cualquier software que permita el acceso a datos remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo.

Para el diseño de los sistemas de supervisión es necesario analizar los componentes necesarios para obtener la interconexión de los equipos por lo que se debe caracterizar los procesos de envasado.

Por tanto, el comportamiento de una línea de producción se define en un sistema de producción apoyado en la continuidad del trabajo, llamado en ocasiones sistema automático. En este sistema las materias primas son mecanizadas y transportadas mediante cintas transportadoras para ser transformadas. Además, añade que Después se suministran los componentes de diversos tipos a cada uno de los procesos finales de montaje, donde es la propia línea de montaje la que se mueve a una velocidad fija.

Para la caracterización de los procesos de envasado de bebidas carbonatadas en envases de vidrios se subdivide en distintas estaciones de trabajo, las mismas poseen distintos equipos por los cuales se mantiene la continuidad el proceso y se modifica un estado del producto que se va fabricando. El despaletizado como muestra en la figura 1, es un proceso gobernado por una maquina llamada despaletizadora la Depaletizadora es una máquina automática de paleta Fija, con carga del Producto desde Abajo, adecuado para cajas de cualquier dimensión, fardos con embalaje termo contraído y cajas de cartón.

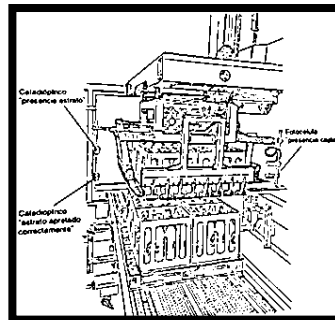


Figura 1. Maquina Depaletizadora  
Fuente: SIDEL (2000)

Seguidamente en una línea de producción de bebidas una vez despaletizadas las cajas de donde se encuentran apiladas, se dirigen las cajas a una maquina denominada desembaladora en la cual es una máquina de Detención de los embalajes que llegan en la posición de desencajonado donde Baja el cabezal de agarre y recepción de los envases de los embalajes y coloca los envases sobre la mesa porta envases, figura 2.

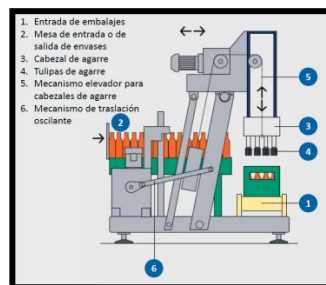


Figura 2. Maquina Desembaladora

Fuente: KRONES (2019)

Después de las botellas luego de entrar al sistema después de su desembalado, entran a un proceso de lavado el cual lo realiza un equipo denominado lavadora de botellas que es un equipo se encarga de limpiar como muestra su ciclo de lavado en la figura 3 y esterilizar las botellas de vidrio retornables, mediante un proceso de Pre lavado, Lavado por inmersión y Enjuague Final.

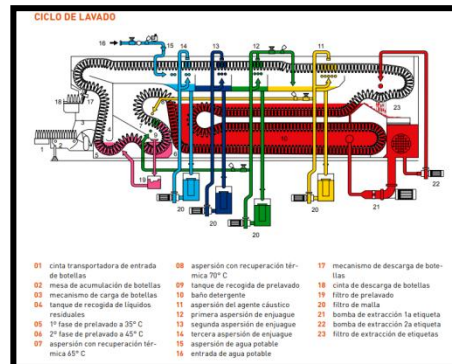


Figura 3. Ciclo de Lavado de Botellas Océano  
Fuente: SIDEL (2019)

Siguiendo el proceso después del lavado de la botella, la misma se inspecciona a través de un equipo llamado inspector, el cual determina de botellas vacías que detecta y rechaza envases que tienen pequeños daños residuos, figura 4.

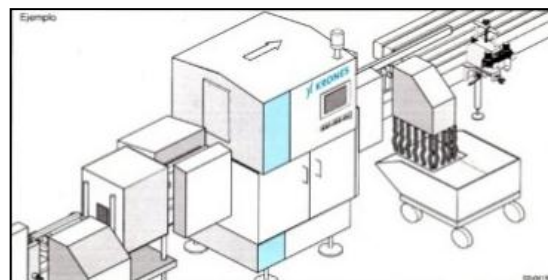


Figura 4. Inspeccionadora de Envases Vacíos  
Fuente: KRONES (2007)

Una vez que los elementos de limpieza e inspección son pasados para garantizar la inocuidad de la botellas, la botella entra en la fase de llenado en la cual se hace la mezcla de producto y se llenan, la mezcla del producto se hace a través de un mezclador (figura 5), que es una máquina de preparación de bebidas que combina las cantidades correctas de los ingredientes básicos como el agua de proceso, el jarabe terminado y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), medidos y dosificados a través de un control electrónico en un proceso de flujo continuo basado en la receta de la bebida memorizada en el programa de cada producto.

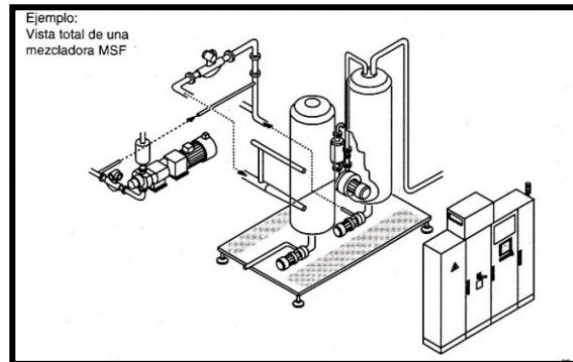


Figura 5. Vista Total de una Unidad Mezcladora  
Fuente: KRONES (2001)

Durante la fase de mezclado el producto terminado ingresa a la llenadora. La llenadora es una máquina de estructura circular, provista de un tanque doble con forma anular y un grupo de válvulas que se accionan de manera sincronizada mediante mecanismos de mando mecánico, neumático y electrónico para llevar a cabo el proceso de llenado de las botellas, figura 6.

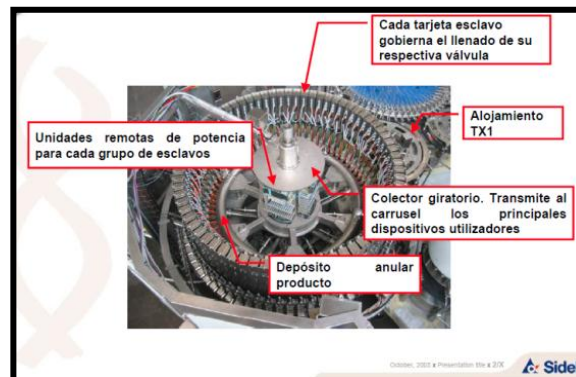


Figura 6. Carrusel de Llenado, Llenadora de Botellas Eurotronica  
Fuente: SIDEL (2005)

La llenadora posee ambas estaciones donde se llenan y tapan las botellas que luego entran en la fase de control de calidad y codificado, en el cual primeramente se determina si la botella se encuentra tapada y se verifica el nivel de llenado correcto mediante el uso de un inspector de nivel que rechaza las botellas defectuosas, como el mostrado en la figura 8, el cual observa tanto nivel de llenado y si posee tapas.

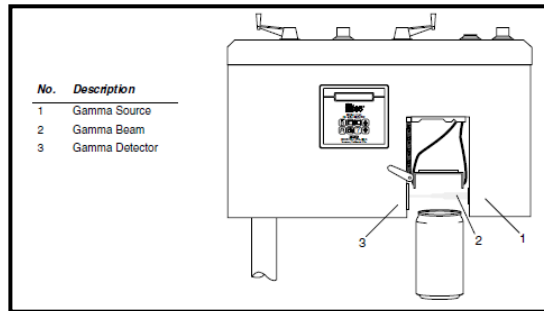


Figura 8. Inspector de Nivel

Fuente: Industrial Dynamics Company, LTD (2000)

El producto al pasar la prueba de calidad de nivel, se codifica a través de un equipo de impresión encargado de estampar pequeños caracteres sin entrar en contacto directo sobre una superficie, esta acción se realiza mediante la expulsión de un chorro de tinta que es desprendido desde el cabezal hasta ser depositado sobre dicho producto, a altas velocidades de operación, Figura 9.

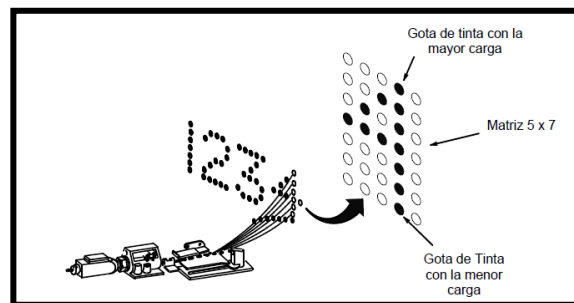


Figura 9. Matriz de Impresión de un equipo Codificador

Fuente: Videojet Technologies, Inc (2003)

Culminado la codificación ingresa el producto terminado al proceso de empaque, el cual pasa por 3 etapas: Embalaje, Paletizado y envoltura. Una vez obtenido la caracterización un proceso de envasado se analiza los parámetros y requerimientos de un sistema de supervisión y elemento que son medibles dentro del proceso como:

- Productividad
- Tiempo de paradas
- Frecuencia de paradas
- Eficiencia
- Tiempo operativo
- Desperdicio

Esto nos conlleva al diseño de un sistema de supervisión en donde para planificar y diseñar por primera vez, se debe considerar la posibilidad de integrar nuevos sistemas SCADA en las redes de comunicación existentes para evitar el



costo sustancial de configurar nuevas infraestructuras y servicios de comunicaciones.

Esta Puede llevarse a cabo a través de redes LAN existentes, sistemas telefónicos privados o sistemas de radio existentes utilizados para las comunicaciones de v hculos móviles. Se debe llevar a cabo una ingeniería cuidadosa para garantizar que la superposición del sistema SCADA en una red de comunicaciones existente la cual no degrade o interfiera con las instalaciones existentes.

Por ello, debe existir una unidad de terminal remoto, una estación maestra y un hardware de comunicación que permita la aplicación de un SCADA. La interconexión de dos o más dispositivos con comunicación digital es el primer paso hacia el establecimiento de una red. Además de los requisitos de hardware, los problemas de software de comunicación también deben ser superados. Por lo general, se resuelve fácilmente porque el sistema generalmente se diseña dentro de las mismas pautas y especificaciones.

Los sistemas abiertos son aquellos que se ajustan a las especificaciones y pautas, que son "abiertas" a todos. Esto permite que los equipos de cualquier fabricante, que cumpla con esa norma, puedan ser utilizados indistintamente en la red. Los beneficios de los sistemas abiertos incluyen múltiples proveedores y, por tanto, una mayor disponibilidad de equipos, precios más bajos y una integración más sencilla con otros componentes.

Teniendo definido el SCADA la selección del medio físico, debe basarse en la elección de un equipo acorde a las aplicaciones necesarias, la utilización de redes Ethernet y la selección de un programa HMI-SCADA. De esta existen varias formas de realizar una unidad HMI entre las que cabe citar los paneles de operación, las pantallas táctiles y los paneles con computador industrial.

Dentro del contexto de la interconexión de los equipos, se da un paso para la digitalización de los datos, el elemento necesario para la industria 4.0 es tener intercomunicación entre los equipos supervisados. Esta nueva era se caracteriza por la convivencia de una gran variedad de tecnologías, que borran los límites entre lo físico, lo digital y lo biológico, generando una fusión entre estos tres planos y un cambio de paradigma. Supone la transición hacia nuevos sistemas ciberfísicos que operan en forma de redes más complejas y que se construyen sobre la infraestructura de la revolución digital anterior.

La llegada del Internet de las Cosas ha dotado a las máquinas, a los ordenadores y a los datos propiamente dichos, de un papel protagónico en la fabricación y en los procesos de producción. En segundo lugar, el desarrollo de Big Data y de otras potentes analíticas ha permitido que esos sistemas procesen una enorme cantidad de datos y que se traduzcan rápidamente en decisiones inteligentes. Por último, la infraestructura de comunicación en las que esas 'conversaciones' confían ha llegado a ser tan segura que goza de la confianza necesaria incluso en temas tan críticos como la producción industrial, un ejemplo de la infraestructura de comunicación se muestra en la figura 10, Berger (2007).

En definitiva, la adopción de herramientas digitales en los procesos productivos es susceptible de generar una serie de ahorros de tiempos y de liberación de recursos que se traducen en una mayor eficiencia y menores costes de producción.



La consecuencia de dichas ganancias de eficiencia en el seno de las empresas redundan en el incremento de la productividad, condición esencial para mantener la competitividad en mercados abiertos como es el caso de las actividades industriales.

El diseño, el encargo, la fabricación y la logística se alinean, no solo con la propia planta sino con el cliente final. Los nuevos desarrollos tecnológicos y las tendencias innovadoras en los productos están configurando una transformación en los hábitos de consumo, acercando al consumidor a la fábrica. Esta tendencia se ha visto potenciada por el hecho de que los consumidores toman decisiones cada vez más “informadas”, Basco, Beliz, Coatz, Garneró (2018)..

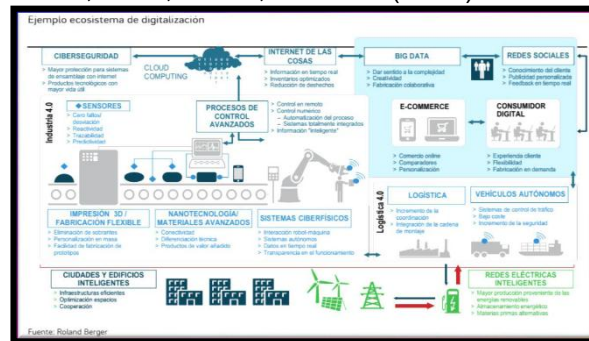


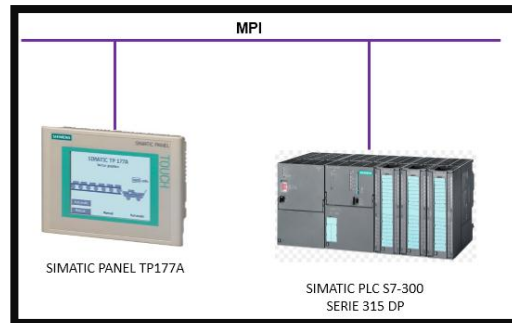
Figura 10. Ejemplo de ecosistema de Digitalización  
Fuente: Berger (2007)

Durante una investigación se desarrollan distintas fases, en ello abarcan todos los procesos teóricos, metodológicos y prácticos llevados por el investigador para definir el problema, fundamentar los conceptos del tema abordado y los procedimientos metodológicos para contrastar las evidencias teóricas obtenidas. Por tanto, tomando todos los planteamientos descritos se presenta la fase de integración de todos los elementos, permitiendo el desarrollo de los objetivos específicos obteniendo como resultado de la investigación la información necesaria para el desarrollo que permitiría el diseño de un Sistema de Supervisión para una línea de producción de bebidas carbonatadas.

El proceso de producción de bebidas carbonatadas en envases de vidrio, se encuentra conformado por distintos elementos de control y máquinas de procesos, que determinan cada una de las etapas de fabricación de la bebida. Estas se encuentran diferenciadas por un comportamiento en sus distintas etapas, que poseen arquitecturas de control para cada proceso.

Detallados cada uno de los equipos que conforman los procesos, se procede a describir cada una de las arquitecturas enfocadas en el objeto de estudio de esta investigación detallando la tecnología en la cual se basa los controladores de modo de poder identificar las fortalezas y oportunidades de mejora en los mismos.

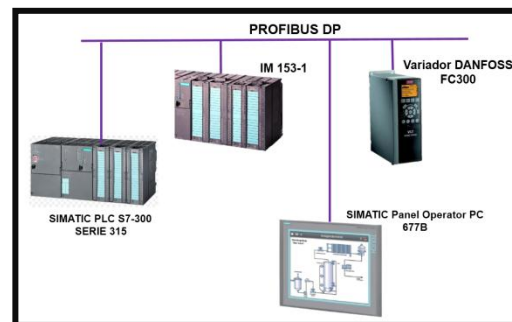
Para la primera etapa llamada suministro de envases se tiene el equipo despaletizador (Figura 11), este se encuentra conformado por un PLC Siemens S7-300 del modelo 6ES7 315, conformado por módulo de entradas 6ES7 321 y salidas de 32 bits 6ES7 322 como se observa en, detallando la arquitectura actual programada en el mismo a través del software de Siemens STEP 7 V5.5.



*Figura 11.* Arquitectura de Control PCL  
Despaletizadora Línea 2  
Fuente: Elaboración Propia (2020)

El equipo siguiente, el desembalador se basa en una arquitectura de control mediante el uso del PLC S7-300 del modelo 6ES7 315 el cual posee la capacidad de conexión a través de protocolos industriales como MPI/PROFIBUS DP, además se encuentra conformado por módulo de entradas 6ES7 321 y salidas de 32 bits 6ES7 322. Además, se encuentra controlado por una interfaz HMI del modelo Simatic Panel Touch TP177A conectado a través de la interfaz MPI

El tercer equipo conformando la etapa de suministro de envases es la lavadora de botellas en la figura 12, la misma se basa en una arquitectura de PLC S7-300 de Siemens del modelo 6ES7 315-2 que posee conexión Profibus DP y Ethernet Industrial, conformado por módulo de entradas 6ES7 321 y salidas de 32 bits 6ES7 322, además de esto se encuentra conectado a través de una Red Profibus DP, un módulo de periferia descentralizada IM 153, en la cual se expanden módulos de entrada y salida analógicos y digitales, también dentro de la misma red existe la conexión de un variador Danfoss de la serie FC 300.



*Figura 12.* Arquitectura de Control PLC  
Lavadora de Botellas Línea 2  
Fuente: Elaboración Propia (2020)

En la Interfaz Humano maquina interviene una PC industrial creada por el fabricante KRONES, figura 13, denominada APC6 en el cual interviene una pantalla

Touch del mismo fabricante ambos conectados por conexión DVI. En el equipo intervienen distintos elementos de redes Industriales de los cuales destacan la utilización de AS-I para los elementos como sensores y botones de control del equipo, Profibus DP para la conexión de las periféricas y variadores de frecuencia y Ethernet industrial para la transmisión de datos entre las cámaras de inspección con la Pc Industrial.

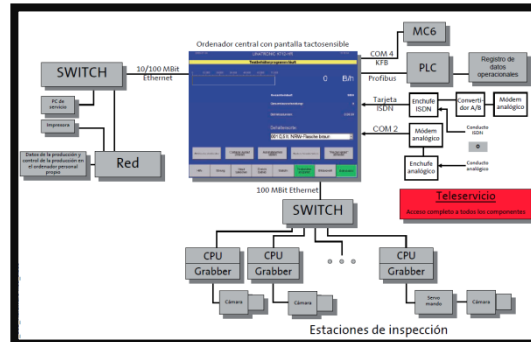


Figura 13. Arquitectura de Control PLC  
Inspeccionador de envases Vacíos.  
Fuente: KRONES (2007)

En la etapa de llenado el mezclador en la figura 14, tiene un PLC S7-300, con conexión entre dos Perfil soportes a través de dos IM 360 e IM361, los mismos constan de módulos de entradas y salidas digitales cuyos modelos son 6ES7 321 y 6ES7 322 respectivamente como también el manejo de módulos de entradas y salidas analógicas 6ES7 332.

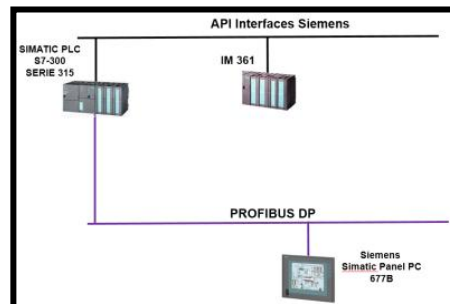
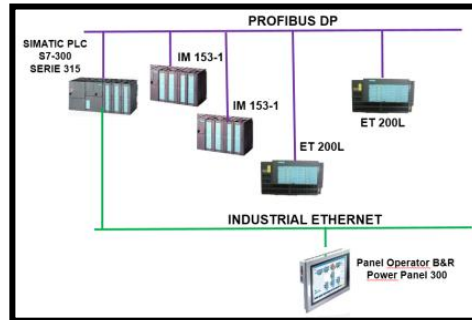


Figura 14. Arquitectura de Control  
PLC Mezclador Línea 2  
Fuente: Elaboración Propia (2020)

Siguiendo a la etapa de llenado se encuentra la maquina llenadora en la figura 15, la misma posee una arquitectura basada en la misma posee un PLC S7-300 de Siemens del modelo 6ES7 315-2 que posee conexión Profibus DP, conformado por módulo de entradas 6ES7 321 de 16 bits y salida de 32 bits 6ES7 322, además de

esto se encuentra conectado a través de una Red Profibus DP, un módulo de periferia descentralizada IM 153.



*Figura 15. Arquitectura de Control PLC  
Llenadora Línea 2  
Fuente: Elaboración Propia (2020)*

El modelo esquemático para el diseño del SCADA se basa en la norma para el desarrollo de HMI-SCADA de Empresas Polar, ya que esta investigación se basa en una línea perteneciente a la organización mencionada que se corresponde al instrumento diseñado, por tanto, se especifican la norma textual para el diseño y se detalla el software a utilizar para el desarrollo, para luego mostrar los sinópticos que se corresponden a las pantallas de visualización del Scada.

Teniendo ya las especificaciones para el desarrollo del SCADA, se realizan las pantallas del mismo, para ello se utilizará en software WinCC flexible 2008 de la empresa Siemens, el cual muestra una versatilidad para el desarrollo interfaz graficas de automatización, se muestra en la figura 16 la pantalla principal del SCADA desarrollado como propuesta para fines de esta investigación, en la pantalla principal del sistema SCADA se muestra un diagrama completo de la línea en donde se especifica el nombre de cada uno de los equipos, con luces indicadora que muestran el estado operativo del proceso de cada máquina.

Además, como lo especificado en la norma se muestran elementos tales como, historial de fallas, usuarios de operación, además de esto se muestran elementos como la productividad de la línea, eficiencia, cajas producidas, perdidas aproximadas, tiempo de operación y tiempo inoperativo.

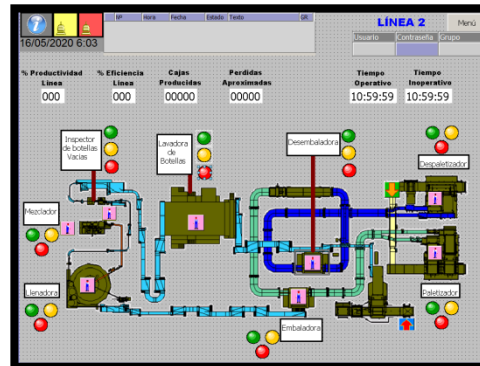


Figura 16. Pantalla Principal Sistema de Supervisión  
Fuente: Elaboración Propia

Para la selección del medio físico, primeramente, se debe asegurar que la red industrial a la cual se va a trabajar posea las velocidades necesarias para la transmisión esperada, y que posea una robustez que le permita ser anti vulnerable a ruido electromagnético por lo que uno de los primeros elementos que se deben tomar en cuenta para la selección del medio físico es el tipo de conexión a utilizar para la transmisión de datos.

Los datos a ser transmitidos se recomienda utilizar red de tipo Ethernet, por la fiabilidad y velocidad de transmisión, el más conocido en aplicaciones industriales es en UTP como en la Figura 16 (Par trenzado sin pantalla), este posee bajo costo, pero tomando en cuenta que los mismo se encontraran en canalizaciones eléctricas en las cuales puede ser susceptible a ruidos, el mejor para estos casos es el de tipo STP (Par Trenzado con Pantalla), siguiendo la norma ANSI/TIA/EIA-568-B.2, los recorridos deben limitarse a menor o igual a 100 metros y la mínima categoría a usar debe ser CAT 5e. Por ello, ha de considerar el cable apantallado de Ethernet industrial de 4 hilos, muy utilizado en para aplicaciones de Profinet

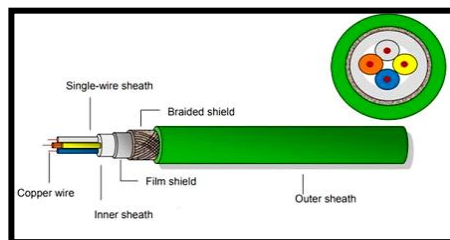


Figura 16. Cable Ethernet Industrial  
Fuente: Siemens Automation (2020)

Teniendo en cuenta la selección del cable a utilizar se debe especificar la arquitectura de red, para este caso la red debe ser diseñada en una configuración Estrella-Árbol (Figura 17), muestra que las características principales son la transferencia de información punto a punto, la sencillez de mantenimiento, el

rendimiento de la red y la caída de un equipo no afecta al resto permitiendo así el diagnóstico sencillo ante fallas. La distribución de este tipo también viene definida en la norma ISA-95, en la cual para el propósito de la investigación se desarrollará en el nivel 3 que es el nivel de supervisión.

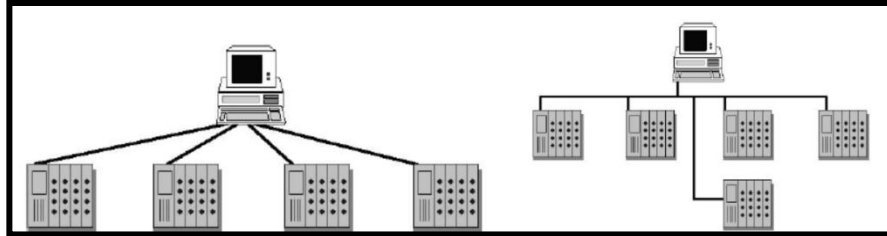


Figura 17. Topología Estrella-Árbol  
Fuente: Rodríguez (2013)

Definido la arquitectura de control, y establecidas las especificaciones técnicas, se debe seleccionar un Switch que pueda ser administrable, con el fin de ofrecer ventajas en su manejo y diagnóstico a la hora de presentar algún problema en la red, el equipo a poseer debe tener las características para asegurar su funcionamiento establecido por la norma IEC 802.3.

Un equipo que se adapte a estas especificaciones es el Industrial Ethernet Switch FL SWITCH SF 8TX (figura 18), de la marca Phoenix Contact, ya que posee características como una velocidad de transmisión de 100 Mbits/s, contacto con relé para tratamientos de Alarmas de estados de Tensión y auto-negociación y AutoCrossing además cumple con todos los requisitos de fiabilidad establecidos por la norma IEC. Este Switch posee una protección de IP20 la cual sería suficiente para una instalación dentro de un armario eléctrico.



Figura 18. FL SWITCH SF 8TX  
Fuente: Phoenix Contact (2020)

Otro equipo a tomar en cuenta dentro de la red industrial, es el switch SCALANCE-6GK5208-0BA10-2AA3-SIEMENS ( como el mostrado en la figura 19, el mismo posee características de protección y durabilidad IP30 para elementos

dentro de campo, que este sometidos a altas temperaturas y condiciones extremas, además posee configuración de redes Ethernet con 10/100Mbit/s. Estructura de línea, estrella y anillo con funcionalidad de conmutación, alcance de hasta 26.000 m. Conexiones de red o de suscriptor eléctricas u ópticas en función de las características del puerto del dispositivo Alimentación de tensión redundante.



Figura 19. Switch SCALANCE X20B  
Fuente: Siemens Automation (2020)

Teniendo el medio físico y los protocolos a ser usados se debe seleccionar el interfaz humano máquina, donde se mostrarán los paneles sinópticos a representar de manera simplificada del sistema bajo control. El uso de paneles PC de la marca Siemens sería el ideal para su uso y desarrollo, los paneles Siemens poseen una amplia flexibilidad, ya que ellas pueden conectarse a entornos industriales sin muchos problemas de compatibilidad ya que se encuentran diseñados para amplios espectros de protocolos.

El panel más idóneo para la aplicación del sistema de supervisión, es el SIMATIC IPC377E como se muestra en la figura 20. El cumple los requisitos de empresas para la selección de equipos para SCADA-HMI, el mismo posee memoria de 8GB, Intel Celeron de 1,6GHz, gigabit Ethernet y una pantalla de visualización de tipo LCD de 19 pulgadas, permitiendo implementaciones completas de automatización de procesos y además por sus puertos de Ethernet industrial la adquisición de datos y conexión a red de producción.



Figura 20. SIMATIC IPC377E  
Fuente: Siemens Automation (2020)

Finalmente teniendo el hardware definido, se muestra un modelo de red a implementar para la conexión de los equipos, para el diseño de la misma basándose en la selección de la topología se establece un tipo de red combinada estrella-Árbol, en donde se especifica los distintos equipos que conformaran la red. En la figura 21, se muestra en el nivel más bajo, los equipos de campo todos bajo la topología de estrella se conectan al switch principal que conecta el área de producción con el área de supervisión, en el área de supervisión se utiliza una topología de árbol redundante, en el cual se encuentra como nivel más alto la PC industrial y seguido por la conexión del servidor y otras dos estaciones más para la visualización para Gerencia y Mantenimiento.

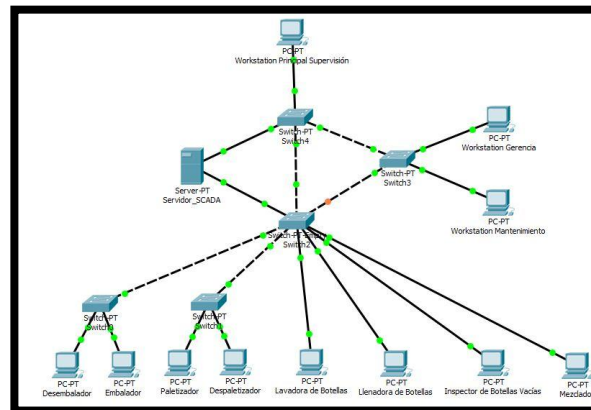


Figura 21. Diseño de la red de Supervisión.  
Fuente: Elaboración Propia (2020)

Para el entorno físico, como se observa en la figura 22, se toma en cuenta el Switch industrial que conecta en topología estrella a todos los equipos de campo X216, para luego entrar en la red en topología de árbol, en el cual estarán en redundancia los 3 switch principales con el fin de garantizar conectividad en caso de caída de alguna de las conexiones principales de la red, en ella se subdivide en tres elementos, un servidor, la conexión a la red administrativa para ampliaciones de soluciones industriales a futuro, y la implementación de 3 Workstation, una principal de supervisión y dos extensiones para áreas gerenciales y de mantenimiento.

En el servidor se almacenará los Históricos de tags e historial de procesos para obtener las datas de eventos, en base a lo afirmado durante la fase de estudio la red se basa en casi su totalidad en el protocolo de Ethernet industrial para el proceso, conectándose así al sistema de supervisión.



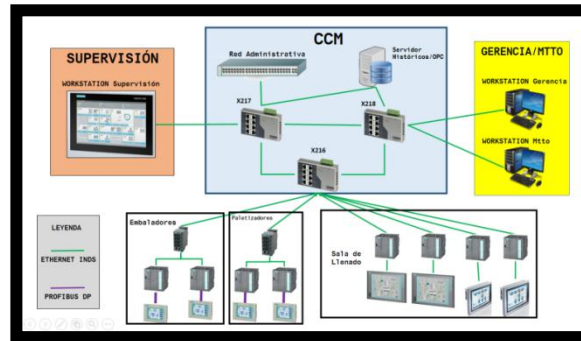


Figura 22. Diseño Físico de la red de supervisión.  
Fuente: Elaboración Propia (2020)

Para las direcciones de Red se estandariza al modelo de direcciones de equipos compuesto por la Empresa SIDEL (figura 23), donde estandariza la red en direcciones dependiendo del equipo al cual se está asignando. Para conectar dispositivos en una red Ethernet, primero debe configurar tres parámetros: La dirección IP, La máscara de subred, La puerta de enlace predeterminada

La dirección IP debe ser única para cada dispositivo conectado en la misma red Ethernet. La dirección IP se compone de 4 números separados por un punto. Cada número está entre 0 y 255. p.ej. Dirección IP: 10.1.92.11

La máscara de subred debe ser idéntica para todas las máquinas conectadas a la red que necesitan comunicarse juntos La máscara de subred de Sidel estándar es 255.240.0.0, esta máscara de subred permite un rango de direcciones de host 10.0.0.1 a 10.15.255.254. El número máximo de las líneas de producción que utiliza esta máscara de subred son 16 host en la misma planta.

El enrutador / puerta de enlace predeterminada se utiliza cuando el PLC debe ser accesible desde otra red (para Propósito de acceso remoto o especificaciones del cliente). La dirección IP del enrutador se proporciona en el diseño de red La puerta de enlace estándar de Sidel es 10.1.0.1.

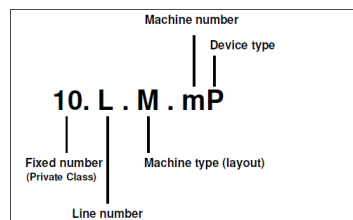
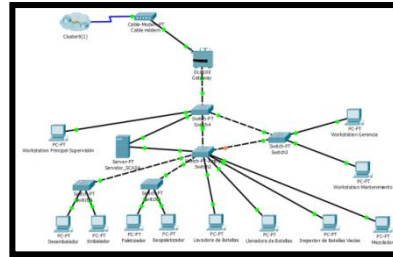


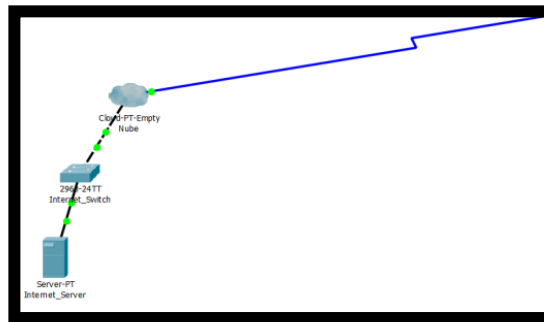
Figura 21. Reglas de Direcciones IP  
Fuente: SIDEL (2010)

El diseño de interconexión de los dispositivos de planta se hace mediante la utilización del modelo actual de red utilizando las especificaciones de Cisco [34], permite un modelo de red mediante la utilización de un Gateway, permitiendo así, la arquitectura de red necesaria para la conexión de los dispositivos de planta con la nube.



*Figura 22. Diseño de Red de Planta Conectado a la Nube*  
Fuente: Elaboración Propia (2020)

El diseño de red en la figura 22 de los equipos permite tener acceso total modelo con los dispositivos de campos desde cualquier otro entorno que posea conexión a internet. Para ello se conecta a través del internet un servidor en la nube para el almacenamiento de los datos denominado en las industrias 4.0, Big data.



*Figura 23. Diseño de Red de Planta Conectado a la Nube*  
Fuente: Elaboración Propia (2020)

Los datos generados a través de planta pueden ser almacenados y estudiados desde cualquier punto de conexión con la planta inteligente. La compañía Siemens posee un producto innovador que realiza la función industrial de Gateway, denominado Siemens IOT, el mismo posee las capacidades necesarias para el uso del internet de las cosas.



Figura 24. Siemens Simatic lot  
Fuente: Siemens Automation (2018)

El siemens lot en la figura 24 permite Desarrollo de soluciones industriales para el IoT más robustas de manera más rápida garantizando conectividad completa en todo tipo de entornos siendo una Potente herramienta para el análisis inteligente de los datos con un Ecosistema interactivo y disponible a nivel mundial empleando el modelo de Cloud Computing en la figura 25.

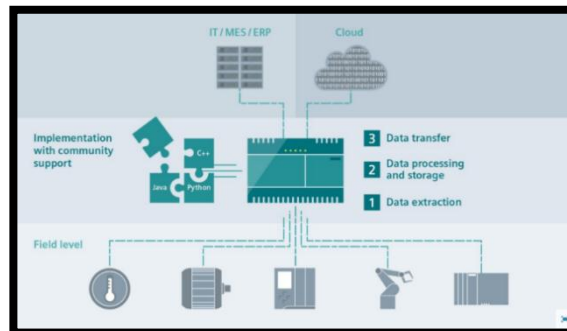
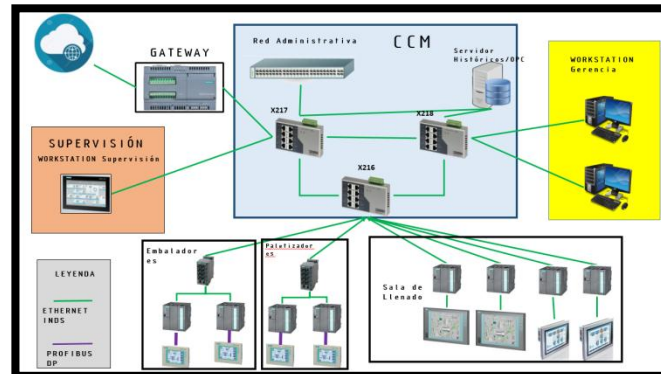


Figura 25. Cloud Computing  
Fuente: Siemens Automation (2018)

Con el uso mediante el dispositivo de siemens se estructura un modelo de conexión en un nuevo esquema basado que puede ser utilizado para el uso del internet de las cosas y poseer un acceso a los distintos elementos de proceso de planta esquematizando la arquitectura de la siguiente manera:



*Figura 23. Diseño Físico de la arquitectura de Red Basado en Industria 4.0*  
Fuente: Elaboración Propia (2020)

### Conclusiones

La automatización de procesos representada en el auge tecnológico de la actualidad, refiere esta investigación como pilar para los desarrollos asociados a los SCADA en líneas de producción de envasado dando pie a otras investigaciones en el área. Los sistemas de supervisión abarcan todas las necesidades de información en cuanto a los procesos industriales a los cuales se lleve la data de proceso. Es por ello que los desarrollos de las arquitecturas de comunicación bajo este esquema permiten actualizaciones futuras.

Para el diseño de la red es de suma importancia el reconocimiento de la naturaleza del proceso estudiado es por ello que la caracterización del mismo demuestra cada uno de los elementos a tomar en cuenta en la realización de la red, por ello se estudian las arquitecturas internas de los controladores de cada uno de los equipos de las estaciones de trabajo. Para ello se analizan los controladores y elementos de comunicación dentro del proceso, ya teniendo la verificación se realiza la selección de los equipos de comunicación a través del protocolo Ethernet, seleccionando interfaz que haga compatible el reconocimiento de los PLC con la red.

Por tanto, el poseer un sistema de supervisión con equipos interconectados, da pie al desarrollo de modelos de industrias 4.0 y el uso del Internet de las cosas en los procesos automatizados permitiendo así en esencia obtener lo necesario para la creación de data de proceso o la Big Data.

### Referencias bibliográficas

- Bailey y Wright (2003). Scada Práctico para la Industria. Editorial IDC Technologies.  
Berger, R. (2007). La Digitalización y la Industria 4.0. Industria CCOO



Basco, Beliz, Coatz, Garnero (2018). Industrias 4.0. Fabricando el futuro. Banco Interamericano de Desarrollo.

Clarke, Reynders y Wright (2004). Protocolos modernos de Scada. Editorial IDC Technologies.

Documentos Internos de Empresas Polar (2000). Manual de Despaletizadora Simonazzi. SIDEL Spa.

Documentos Internos de Empresas Polar (2000). Manual de Paletizadora Simonazzi. SIDEL Spa.

Documentos Internos de Empresas Polar (2000). Manual de Inspeccionadora de botellas llenas. Industrial Dynamics Company, LTD.

Documentos Internos de Empresas Polar (2001). Manual de Operacional Mezclador Krones. Krones Ag.

Documentos Internos de Empresas Polar (2003). Codificador de Botellas Excel 2000. Videojet Technologies, Inc.

Documentos Internos de Empresas Polar (2005). Curso Llenadora EUROTRONICA Sidel. Sidel, Spa.

Documentos Internos de Empresas Polar (2007). Manual de Inspeccionador de Envases Vacíos Linatronic. Krones Ag.

Documentos Internos de Empresas Polar (2008). Manual de utilización Mezclador Simonazzi Starblend 2000. SIDEL Spa.

Guerrero, Yuste y Martínez (2010). Comunicaciones Industriales. Editorial Marcombo.

Hernández, Fernández and Baptista (2007), Metodología de la Investigación. Mcgraw-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México.

Hurtado (2007). El proyecto de investigación Quinta edición. Ediciones Quirón-Sypal. Caracas.

Krones (2019). Smart Pack. Krones AG.

Phoenix Contact (2020). Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SF 8TX. Recuperado el 15 de ENERO de 2020, <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/es?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2832771&library=eses&tab=1>



Rodriguez (2013). Sistemas Scada, 3ra Edición. Editorial Alfaomega Grupo Editor, S.A.

SIDEL (2010). Ethernet IP Definition Rules. Documentos Internos Empresarial.

SIDEL (2019). Lavadora aqua Brochure. SIDEL Group.

Siemens. (2020). SIMATIC IPC377E (Basicpanel PC) 1x gráficos Display-Port Recuperado el 15 de ENERO de 2020, <https://mall.industry.siemens.com/>

Siemens. (2020). SCALANCE X208, managed IE switch, 8x 10/100 Mbit/s RJ45 ports Recuperado el 15 de ENERO de 2020, <https://mall.industry.siemens.com/>

Siemens. (2020). Industrial Ethernet FC TP Standard cable, GP 2x2 (PROFINET Type A). Recuperado el 15 de ENERO de 2020, <https://mall.industry.siemens.com/>

Siemens. (2018). Simatic iot2040. La pasarela inteligente para las soluciones de IoT industrial. Recuperado el 01 de SEPTIEMBRE de 2019, de [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/pc\\_industriales/pages/simatic-iot2040.aspx](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/pc_industriales/pages/simatic-iot2040.aspx)

Tamayo y Tamayo (2000). El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa S.A.