



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Informe Técnico de Residencia Profesional.

Nombre del proyecto:

Automatizar el control de nivel y cip del llenado de un depósito para jugos

Elaborado por:

Jairo Antonio Victoria Ruiz

Ing. Mecánica.

Núm. de control: 14270041

Periodo

Enero – junio 2018

C.M.C Juan Carlos Niños
Torres

Ing. Cutberto de Jesús Vázquez
Valdiviezo

Asesor Interno

Asesor Externo



INTRODUCCIÓN

La industria de jugos se ha mostrado en los últimos años como uno de los sectores económicos más dinámicos y como una de las más importantes dentro del segmento de conservas alimenticias.

En la actualidad los sistemas de control automáticos son de gran importancia para las industrias ya que sin ellos no se podrían mantener los diferentes procesos con eficiencia, calidad y a menor tiempo siendo necesario ajustar diversos parámetros de acuerdo con las condiciones de la planta y del operador, de acuerdo con la problemática que se presentan como, por ejemplo, desperdicio de jugos, contaminación del producto y precisión de llenado.

El proyecto por desarrollar es más que nada el sistema automático del llenado de un depósito para jugos ya que es de gran importancia para la industria ya que permite controlar el nivel de jugo, para evitar el derramamiento y demoras en la producción.

Este proceso es necesario ya que tenerlo manualmente suele pasar por descuido o demoras, derramamiento de jugos o contaminación del producto que son pérdidas para la empresa, para evitar esto la empresa requiere que se haga automáticamente, donde el jugo se va llenando en el depósito y al llegar una cierta altura se detenga sin necesidad de que una persona este supervisando.



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL PROYECTO.	8
1.1. Justificación	8
1.2. Objetivos	9
1.2.1. Objetivo general.....	9
1.2.2. Objetivos específicos.....	9
1.3. Problemas por resolver	10
1.4. Alcances y Limitaciones.....	11
CAPÍTULO 2: DATOS DE LA EMPRESA.	12
2.1. Antecedentes de la Empresa	12
2.2. Ubicación	13
2.3. Política de la empresa.	14
2.3.1. Misión	14
2.3.2. Visión	14
2.4. Organigrama de la empresa.....	15
2.5. Área de mantenimiento	16
CAPÍTULO 3: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	17
3.1. medidores de nivel de líquidos	17
3.1.1. Elementos visuales directos	18
3.1.2. Desplazamiento (flotador)	19
3.1.3. Presión diferencial.....	19
3.1.4. Burbujeo	20
3.1.5. Radiactivo	20
3.1.6. Capacitivo	21
3.2. Bombas.....	22
3.2.1. Aplicaciones.....	22
3.2.2. clasificación de bombas	22
3.2.2.1. Bombas de desplazamiento positivo	23
3.2.2.2. Bombas rotodinámicas	26



3.3. Bombas centrífugas.....	27
3.3.1. Tipos de bombas centrífugas.....	29
3.3.1.1. Bombas Centrífugas de un Solo Salto o Etapa	29
3.3.1.2. Bombas Acopladas directamente.....	30
3.3.1.3. Bombas de múltiples saltos o etapas.....	30
3.3.2. Principio de funcionamiento.....	31
3.4. Caudal.....	31
3.5. Numero de Reynolds.....	32
3.5.1. Números De Reynolds Críticos	33
3.5.2. Pérdidas Primarias En Tuberías.....	33
3.5.3. Pérdidas Secundarias En Tuberías.....	38
3.6. Labview.....	40
3.6.1. Presentación del entorno de Labview	40
3.6.2. Instrumentación virtual	42
3.7. Actuadores.....	44
3.8. Válvulas.....	44
3.9. Electroválvulas.....	45
3.10. HMI.....	45
3.11. Sensores.....	46
3.11.1. Sensor de caudal	46
3.11.1.1. Medidor de presión diferencial.....	46
3.11.1.2. Placas de orificios.....	48
3.11.2. Sensor de presión	50
3.11.3. Sensor ultrasónico	50
3.11.4. Sensores magnetostrictivos	51
3.11.5. Sensores capacitivos.....	52
CAPÍTULO 4: DISEÑO.....	53
4.1. Desarrollo de un sistema scada utilizando Labview y el módulo DSC	53
4.2. DISEÑO DEL LLENADO Y VACIADO DE UN DEPÓSITO DE LABVIEW A ARDUINO	73
4.2.1. PROGRAMACIÓN PARA EL CONTROL DE NIVEL DE FLUIDOS -ARDUINO	80
4.3. LLENADO DEL DEPÓSITO MEDIANTE LÓGICA CABLEADA	82
4.4. PROCESO DE CALCULO.....	84
CAPÍTULO 5: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	89



5.1. Conclusión	89
5.2. Recomendación	89
ANEXOS	90
BIBLIOGRAFÍA	96

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 sistema de control de nivel de llenado de un depósito actualmente	10
Ilustración 2 empresa lácteos de Chiapas.....	12
Ilustración 3 ubicación de la empresa	13
Ilustración 4 ubicación más exacta	13
Ilustración 5 Organigrama general de LACTEOS DE CHIAPAS S.A. DE C.V.	15
Ilustración 6 Taller y oficina de mantenimiento	16
Ilustración 7 Elementos visuales.....	18
Ilustración 8 Sistema del flotador	19
Ilustración 9 . sistema diferencial	20
Ilustración 10 Sistema de burbujeo.....	20
Ilustración 11 Sistema Radioactivo	21
Ilustración 12 Sistema Capacitivo	21
Ilustración 13 clasificación de bombas	23
Ilustración 14 bomba de desplazamiento positivo	24
Ilustración 15 Clasificación de las bombas de desplazamiento positivo	24
Ilustración 16 Bomba reciprocante	25
Ilustración 17 Bomba rotatoria.....	25
Ilustración 18 Clasificación de las bombas rotodinámicas.....	26
Ilustración 19 Bombas rotodinámicas.	27
Ilustración 20 Tipos de bombas centrifugas.....	28
Ilustración 21 Bomba centrifuga.....	30
Ilustración 22 Diagrama de Moody	38
Ilustración 23 Labview Estructura de un instrumento virtual.	43
Ilustración 24 actuador	44



Ilustración 25 Válvulas	44
Ilustración 26 Electroválvulas	45
Ilustración 27 Pantalla HMI	45
Ilustración 28 Placas de orificios.....	48
Ilustración 29 . Perfiles de orificios.	49
Ilustración 30 Tomas de presión alternativa.....	49
Ilustración 31 sensor de presión.....	50
Ilustración 32 sensor ultrasónico	51
Ilustración 33 Señal enviada y recibida por sensor ultrasónico	51
Ilustración 34 Sensores magnetostrictivos.....	52
Ilustración 35 Sensores capacitivos.....	52
Ilustración 36 módulo DSC LabVIEW.....	53
Ilustración 37 creación de nuevo proyecto LabVIEW.....	54
Ilustración 38 modulo DCS.....	55
Ilustración 39 Bomba diseño	55
Ilustración 40 válvula diseño	56
Ilustración 41 Tanque diseño	56
Ilustración 42 tubería diseño.....	57
Ilustración 43 codo diseño	57
Ilustración 44 Bomba conectado a la tubería.....	58
Ilustración 45 válvula a un codo	58
Ilustración 46 tuberías conectadas al deposito	59
Ilustración 47 diseño del llenado y vaciado de un deposito	60
Ilustración 48 variable de llenado del deposito.....	61
Ilustración 49 diseño final del deposito.....	62
Ilustración 50 ciclo while loop	63
Ilustración 51 dos ciclos if, internamente	63
Ilustración 52 ciclo if externamente en función alto.....	64
Ilustración 53 ciclo if externamente en función bajo.....	64
Ilustración 54 diagrama de bloque llenado del deposito	65
Ilustración 55 diagrama de bloque vaciado del deposito.....	66
Ilustración 56 diag. Bloques ciclo if internamente, función alto	66
Ilustración 57 diag. Bloques ciclo if internamente, función bajo	67
Ilustración 58 diag. Bloque comparadores.....	67
Ilustración 59 string o bloques	68
Ilustración 60 concatenated string.....	68
Ilustración 61 botón de stop	69
Ilustración 62 diseño del diagrama de bloque	69
Ilustración 64 llenado del depósito nivel bajo.....	70
Ilustración 63 llenado del depósito nivel medio.....	70
Ilustración 65 llenado del depósito nivel alto	71
Ilustración 66 vaciando el deposito.....	71
Ilustración 67 llenado del Dep. trabajando con 2 bombas	72



Ilustración 68 llenado del depósito cuando la bomba se detiene	72
Ilustración 69 diseño II tanque.....	73
Ilustración 70 seleccionando led.....	74
Ilustración 71 conexión LabVIEW a Arduino	74
Ilustración 72 diseño II botón stop.....	74
Ilustración 73 fondos al diseño.....	75
Ilustración 74 diseño LabVIEW a Arduino.....	76
Ilustración 75 diagrama de bloque serial.....	76
Ilustración 76 seleccionando los rangos de nivel de llenado	77
Ilustración 77 conexión todo referido de LabVIEW a Arduino	77
Ilustración 78 diseño II diagrama de bloques final.....	78
Ilustración 79 llenado del depósito nivel bajo.....	78
Ilustración 80 llenado del depósito nivel medio.....	79
Ilustración 81 llenado del depósito nivel lleno.....	79
Ilustración 82 esquema eléctrico de mando y potencia de un depósito de agua	82
Ilustración 83 esquema eléctrico de mando y potencia de un depósito de agua llenando	83
Ilustración 84 esquema eléctrico de mando y potencia de un depósito de agua vaciando.....	83



CAPÍTULO 1: Generalidades del proyecto.

1.1. Justificación

La problemática presentada, por la cual se realiza este proyecto es en automatizar el llenado de un depósito para jugos, ya que un operador tiene que encender o apagar la bomba y estar supervisando en todo momento el depósito para evitar derramamientos de jugos.

Hoy en día existe la posibilidad de que ciertos sistemas específicos se puedan controlar y efectuar automáticamente. Los sistemas automáticos son de gran importancia ya que ayudan a controlar, medir y actuar con eficiencia.

La importancia de realizar este proyecto involucra una investigación y pruebas experimentales para controlar el nivel y flujo, mediante un sistema que incorpora varios elementos y equipos como sensores, bombas, variador de frecuencia, pantalla HMI (Interfaz Hombre Máquina), entre otros, siendo capaz de evitar el derramamiento de jugo en el depósito y como consecuencia de esto se incrementa el costo de consumo por el desperdicio del mismo, además realizar un proceso de llenado de forma manual y sin control puede presentar problemas como contaminación al producto y precisión de llenado del nivel requerido o deseado.



1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general.

Diseñar un circuito automatizado mediante un software que permita controlar y medir el llenado de un depósito sin que haya desperdicio por derramamiento de jugo.

1.2.2. Objetivos específicos

- Estudio de dispositivos y equipos aplicados en la automatización de procesos industriales para el control de fluido y nivel de líquido.
- Realizar un sistema automatizado que permita el llenado y vaciado, e indique los niveles de alto y bajo del depósito
- Ubicar sensores e instrumentos de control de variables y demás elementos para el control de nivel del depósito de jugo.
- Optimizar el uso de jugo para ahorrar el costo por el desperdicio de esta que se da en muchas industrias.

1.3. Problemas por resolver

Existe la necesidad de diseñar un sistema de control y nivel del llenado de un depósito para jugos, completamente automatizado, en donde se aumente la producción de las plantas al máximo y generen las mayores ganancias posibles.

Es importante mencionar que las plantas mecánicas o semiautomáticas desarrolladas actualmente generan una pérdida de tiempo para el operario encargado y una ineficiencia en el proceso para la empresa, es allí donde se hace latente la necesidad de desarrollar plantas completamente automatizadas.

Un operador tiene que estar pendiente a que todo el proceso del llenado del depósito se lleve adecuadamente, el operador tiene que activar la bomba para que el jugo fluya en las tuberías, y llene el depósito a un nivel de lo que la empresa requiere.



Ilustración 1 sistema de control de nivel de llenado de un depósito actualmente

1.4. Alcances y Limitaciones

Como es común en toda industria en proceso de crecimiento, tal es el caso de LÁCTEOS DE CHIAPAS S.A. DE C.V., los problemas en los procesos de producción son frecuentes por lo que en ocasiones se buscan soluciones provisionales o improvisadas.

1.4.1. Alcances

Se realizará la automatización de un llenado y vaciado de un depósito para hacer más eficiente el proceso tomando en cuenta lo siguiente:

- El proyecto de residencia profesional pretende un diseño capaz de modernizar y mejorar el sistema de automatización de un llenado y vaciado de un depósito que opera en Lácteos Chiapas S.A de C.V, donde aumente la producción de las plantas al máximo.
- También se pretende mantener las condiciones adecuadas de los equipos que lo rodean y así evitar contratiempos y mayor durabilidad de los mismos.
- Uno de los aspectos principales sería el reutilizar el mayor equipo posible que se encuentre instalado para evitar gastos innecesarios, siempre y cuando los equipos se encuentren en buen estado para seguir operando.
- Se pretende obtener datos de la velocidad de succión y descarga, perdidas en la tubería de succión y descarga, potencia de la bomba, entre otros.

1.4.2. Limitaciones

- Debido a que al proyecto corresponde únicamente a la automatización al llenado y vaciado de un depósito, el presente trabajo únicamente se limita a recomendar un diseño para la operación óptima del mismo todo esto respecto a una base de cálculos realizados
- Los datos obtenidos en los cálculos son aproximados debido a que la planta no cuenta con el plano de instalación que actualmente ocupa el llenado y vaciado del depósito.
- La puesta en marcha, utilización de los resultados, los datos propuestos y obtenidos será decisión únicamente de Lácteos de Chiapas S.A de C.V.

CAPÍTULO 2: Datos de la empresa

2.1. Antecedentes de la Empresa

La unión ganadera regional del estado representada por el ingeniero agrónomo Sergio Zuarth Rojas llevo a cabo convocatorias a las asociaciones ganaderas de la entidad para solucionar los bajos precios de comercialización de la leche fresca y de acuerdo con el estudio de viabilidad comercial con precios estables y con incrementos en el consumo de la leche ultra pasteurizada, nace el proyecto Lácteos de Chiapas, S.A. de C.V. que se constituye el 22 de septiembre del año 2000.

Empresa a la que se lograron sumar a más de mil productores ganaderos de las distintas regiones lecheras del estado de Chiapas y conformar la tenencia accionaria de la sociedad. Actualmente somos 1,200 socios.

La planta ultra pasteurizadora inicio operaciones el 4 de julio del año 2003, con la producción de leche semidescremada y con la presentación del envase tetra brik de un litro. El equipo y maquinaria instalada es tecnología de alta calidad y es considerada una de las plantas más tecnificadas actualmente en el país, ya que el 100% del proceso esta automatizado. La capacidad instalada de producción es de 6,000 litros por hora.



Ilustración 2 empresa lácteos de Chiapas

2.2. Ubicación

La empresa lácteos de Chiapas, se localiza al Sureste de la República Mexicana es una empresa ubicada en el Kilómetro 3.5 en la carretera de Berriozábal-Ocozocoautla al sureste del municipio de Berriozábal, Chiapas, México.



Ilustración 4 ubicación más exacta



Ilustración 3 ubicación de la empresa



2.3. Política de la empresa.

Promover en todos los niveles el desarrollo en dirección a la calidad total a través de la capacitación constante y la actualización tecnológica.

2.3.1. Misión

Ser un medio de comercialización de la leche de los socios productores para darle un valor agregado al trabajo en el campo a través del crecimiento y rentabilidad de la planta ultra pasteurizadora, produciendo alimentos de alta calidad y logrando la absoluta satisfacción de los clientes y el desarrollo de nuestra gente.

2.3.2. Visión

Ser la planta de Ultra pasteurización que surta la mayor demanda de productos de larga vida en el sureste del país con calidad y rentabilidad.

2.4. Organigrama de la empresa

De manera general, la planta se constituye como se muestra en la ilustración 3 a continuación:

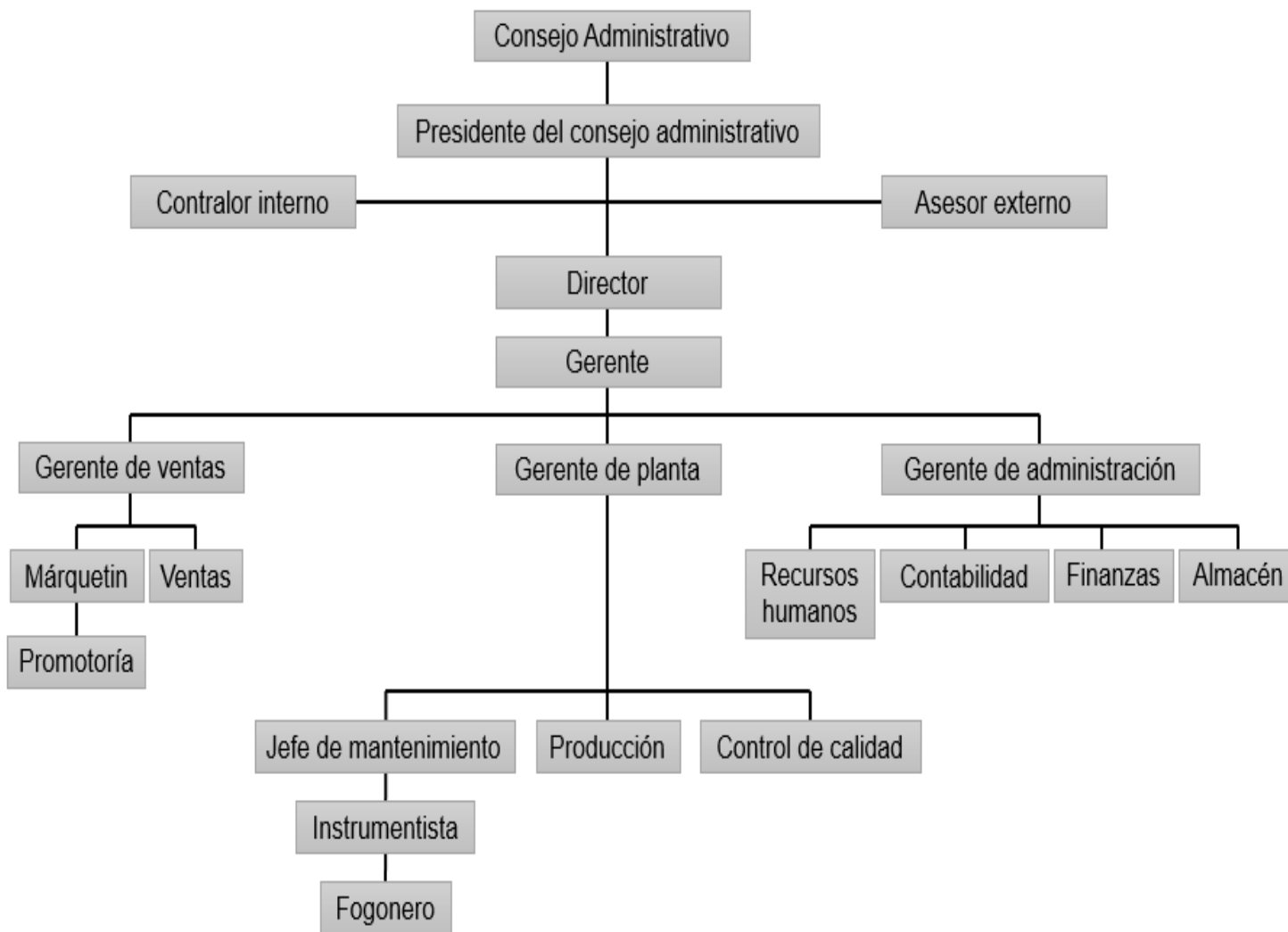


Ilustración 5 Organigrama general de LACTEOS DE CHIAPAS S.A. DE C.V.

2.5. Área de mantenimiento

Las actividades dentro de la empresa específicamente en el área de mantenimiento incluyen entre otros procedimientos, la sustitución de piezas, realización de pruebas, mediciones, reparaciones, trabajos de ajuste, inspecciones y detección de fallos. Las operaciones de esta área implican riesgos específicos para la seguridad de los trabajadores. Este departamento en una industria tiene la responsabilidad de proceder en forma rápida y económica a las reparaciones necesarias de la maquinaria que se utiliza en los procesos de producción, así como el tomar acciones preventivas; dentro de sus funciones también está la modificación de los equipos originales y procesos de la empresa, para reducir problemas repetitivos o ayudar a mejorar un proceso existente.



Ilustración 6 Taller y oficina de mantenimiento

CAPÍTULO 3: fundamentación teórica

En los procesos industriales se requieren controlar o mantener constantes algunas variables tales como son: presión, caudal, nivel, temperatura, PH, conductividad, velocidad etc., para lo cual se hace uso del control automático manteniendo dichas variables en las condiciones más convenientes.

Por lo que nuestro proyecto se realizara la simulación de un sistema automatizado utilizando Arduino y LabView para el control y nivel de llenado de un depósito para jugos, utilizaremos el sensor ultrasónico para llevar a cabo este proyecto

La importancia de estos componentes estriba en que realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control, estas operaciones son:

- **Medición:** la medición de la variable que se controla se hace generalmente mediante la combinación del sensor y transmisor.
- **Decisión:** con base en la medición, el controlador decide que hacer para mantener la variable en el valor que se desea.
- **Acción:** como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente esta es realizada por el elemento final de control.

3.1. medidores de nivel de líquidos

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, bien aprovechando características eléctricas del líquido o bien utilizando otros fenómenos.

Los primeros instrumentos de medida directa se dividen en: sonda, cinta y plomada, nivel de cristal, nivel de flotador, magnético, palpador servooperado y magnetostrictivo. Los aparatos que miden el nivel aprovechando la presión

hidrostática son:

- Medidor manométrico.
- Medidor de tipo burbujeo.
- Medidor de presión diferencial de diafragma.

Los instrumentos que utilizan las características eléctricas del líquido son:

- Medidor resistivo/conductivo.
- Medidor capacitivo.
- Medidor ultrasónico.
- Medidor de radar o microondas.
- Medidor de radiación.
- Medidor de láser.

Los que se basan en otros fenómenos:

- Medidor óptico
- Vibratorio

3.1.1. Elementos visuales directos

Reservado para líquidos. Tubo de material transparente y rígido conectado al depósito por dos bridas con dos válvulas de bloqueo. El líquido sube por el tubo hasta igualar al nivel del depósito.

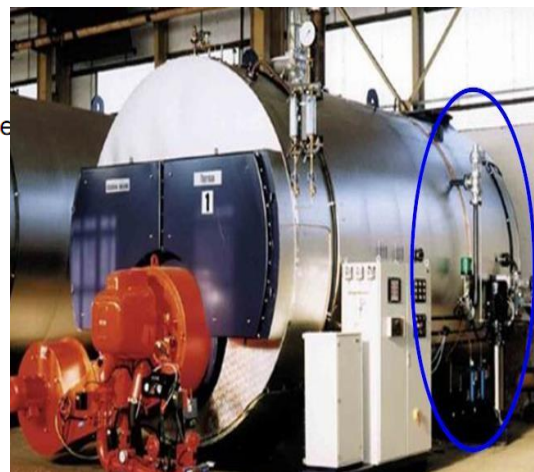
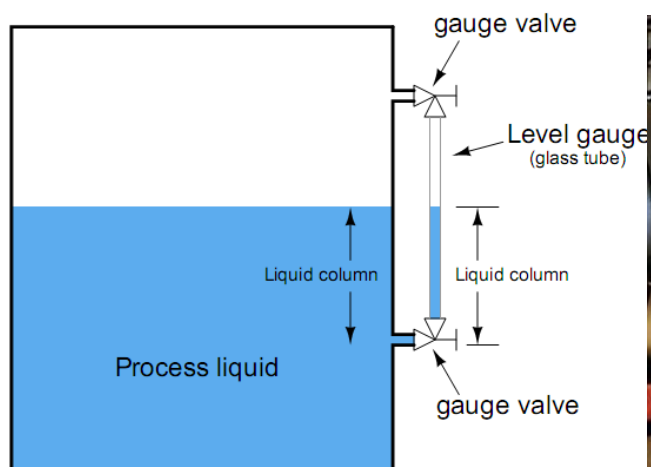


Ilustración 7 Elementos visuales

Limitaciones:

- No soportan presiones muy altas.
- No soportan altas temperaturas.
- Fragilidad, baja resistencia a los impactos.
- No se pueden usar líquidos que manchen el interior del tubo o que por transparencia no permitan la detección visual

3.1.2. Desplazamiento (flotador)

Constituido por:

Un flotador pendiente de un cable o moviéndose en un tubo guía, un juego de poleas, y un contrapeso exterior.

De regla y puntero. Flotador conectado a un cable o con un juego de poleas, y un contrapeso exterior que se mueve en sentido contrario al flotador.

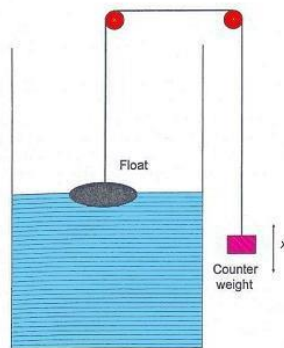


Ilustración 8 Sistema del flotador

3.1.3. Presión diferencial

Consiste en un medidor de presión en contacto con el líquido del tanque, que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del tanque. Existe riesgo con condensados y formación de cristales, además de rebosamiento:

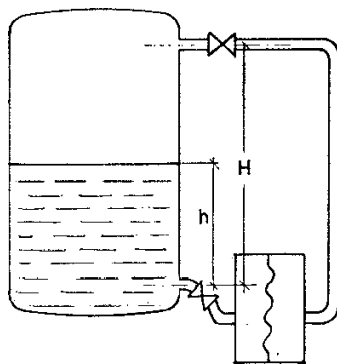


Ilustración 9 . sistema diferencial

3.1.4. Burbujeo

Mediante un regulador de caudal se hace pasar por un tubo (sumergido en el depósito hasta el nivel mínimo), una pequeña cauda de aire o gas inerte hasta producir una corriente continua de burbujas. La presión requerida para producir el flujo de burbujas es una medida de la columna de líquido

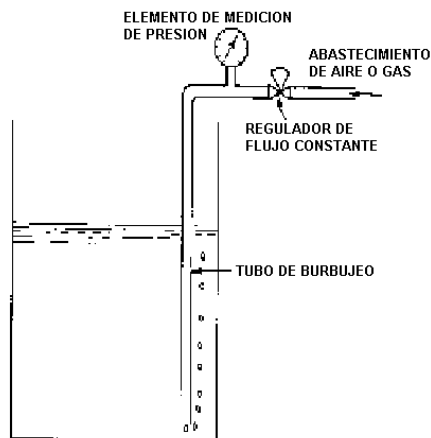


Ilustración 10 Sistema de burbujeo

3.1.5. Radiactivo

Consta de una fuente radioactiva que se instala en un costado del depósito. Al otro lado se coloca un medidor de radiación puntual para medidas todo nada o lineal, para medidas continuas. La potencia emisora de la fuente decrece con el tiempo, por lo que es necesario recalibrar estos instrumentos cuando esto ocurre.

Su aplicación se ve limitada por las dificultades técnicas y administrativas que conlleva el manejo de fuentes radioactivas. Son óptimos para medir fluidos con altas temperaturas, líquidos muy corrosivos, reactores de polímeros, etc.

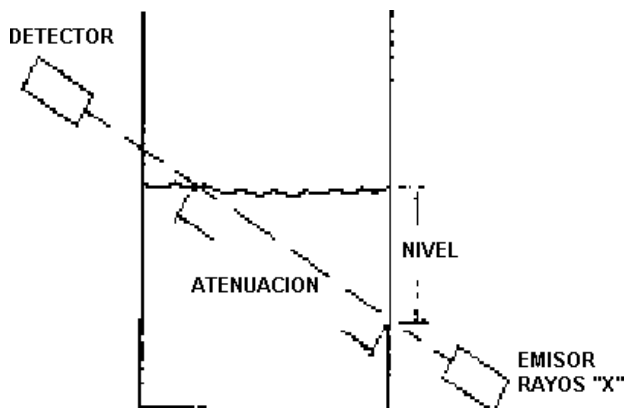


Ilustración 11 Sistema Radioactivo

3.1.6. Capacitivo

Se basa en medir la variación de capacitancia de un condensador cuando va variando el medio dieléctrico entre sus placas. Con el depósito metálico e introduciendo una sonda metálica sin contacto entre ambos, se forma un condensador.

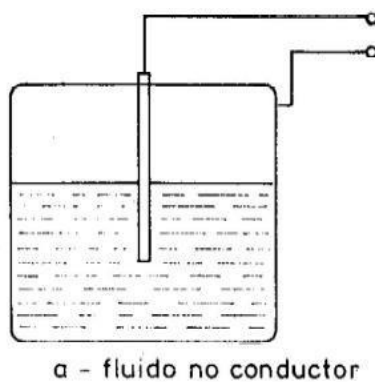


Ilustración 12 Sistema Capacitivo

3.2. Bombas

Es una maquina generadora, que absorbe energía mecánica y la restituye en energía hidráulica al fluido que la transita; desplazando el fluido de un punto a otro.

3.2.1. Aplicaciones

Se emplean para bombear toda clase de fluidos como agua, aceite de lubricación, combustibles, ácidos; algunos otros líquidos alimenticios, como son cerveza y leche; también se encuentran los sólidos en suspensión como pastas de papel, mezclas, fangos y desperdicios.

3.2.2. clasificación de bombas

Las bombas se clasifican con base en una gran cantidad de criterios, que van desde sus aplicaciones, materiales de construcción, hasta su configuración mecánica. (Tyler, 1976)

Algunas bombas funcionan con un movimiento alternativo y otras con movimiento de rotación continuo, aunque el sistema de movimiento no permite su clasificación desde el punto de vista rotacional, por el contrario, su modo de accionar si permite clasificarlas. (Tyler, 1976)

Un criterio básico que incluye una clasificación general es el que se basa en el principio por el cual se adiciona energía al fluido, bajo este criterio las bombas se clasifican en 2 grupos (ilustración 13):

- a) Bomba de desplazamiento positivo
- b) Bomba rotodinámica

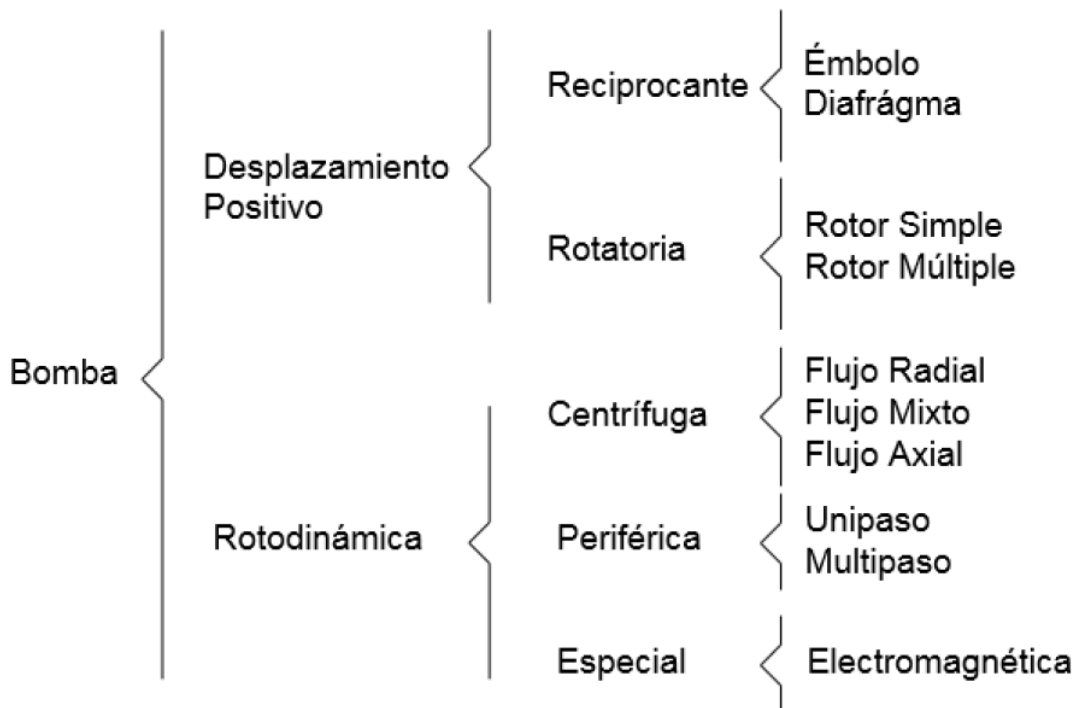


Ilustración 13 clasificación de bombas

3.2.2.1. Bombas de desplazamiento positivo

(Tyler, 1976) A este tipo pertenecen no solo las bombas alternativas, sino también las rotativas llamadas roto estáticas; en ellas el rodete comunica energía al fluido en forma de presión. Su funcionamiento se basa en el principio de desplazamiento positivo.

En una bomba de desplazamiento positivo, la cavidad de la máquina, cuyo volumen varía periódicamente, va unida de forma alternativa al orificio de aspiración o al de descarga. El desplazamiento del líquido se efectúa por volúmenes de engendrados.

(Tyler, 1976)

Las bombas volumétricas pueden ser de movimiento alternativo o rotativo continuo (ilustración 14).



Ilustración 14 bomba de desplazamiento positivo

En la siguiente imagen se muestra la clasificación de las bombas de desplazamiento positivo. (ilustración 15).

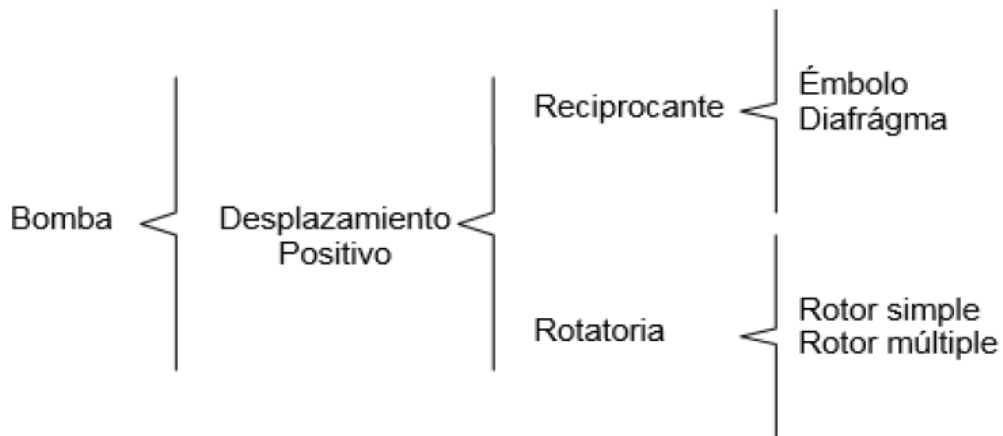


Ilustración 15 Clasificación de las bombas de desplazamiento positivo

Bomba recíproca: Es un dispositivo mecánico de desplazamiento positivo, es decir, recibe un volumen fijo de líquido en condiciones casi de succión, lo comprime a la presión de descarga y lo expulsa por la boquilla de descarga (ilustración 16).

Bomba rotatoria: Este tipo de movimiento es el que traslada el fluido desde la aspiración hasta la salida de presión. Según el elemento que transmita tal movimiento, se clasifican en bombas de engranajes, paletas, pistones etc. (ilustración 17).

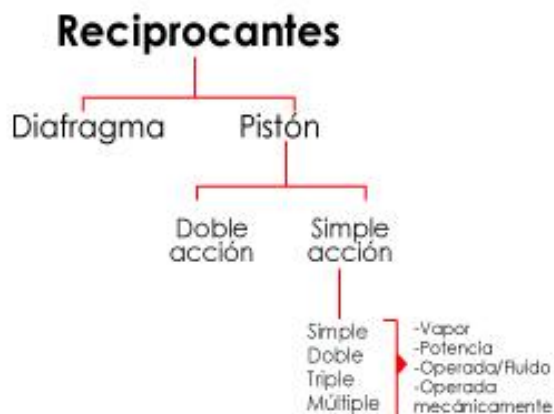


Ilustración 16 Bomba recíproca.

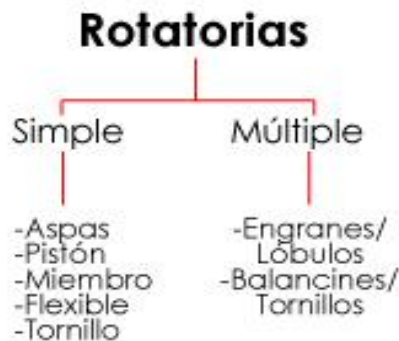


Ilustración 17 Bomba rotatoria.

3.2.2.2. Bombas rotodinámicas

Son rotativas, su funcionamiento se basa en la ecuación de Euler, su órgano de transmisión de energía se llama rodete. (Tyler, 1976)

(Tyler, 1976) Se llaman rotodinámicas porque su movimiento es rotativo y el rodete comunica energía al fluido en forma de energía cinética. La energía mecánica que recibe puede ser de un motor eléctrico, térmico, etc. Y posteriormente la convierte en energía hidráulica, que el fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad (ilustración 18).

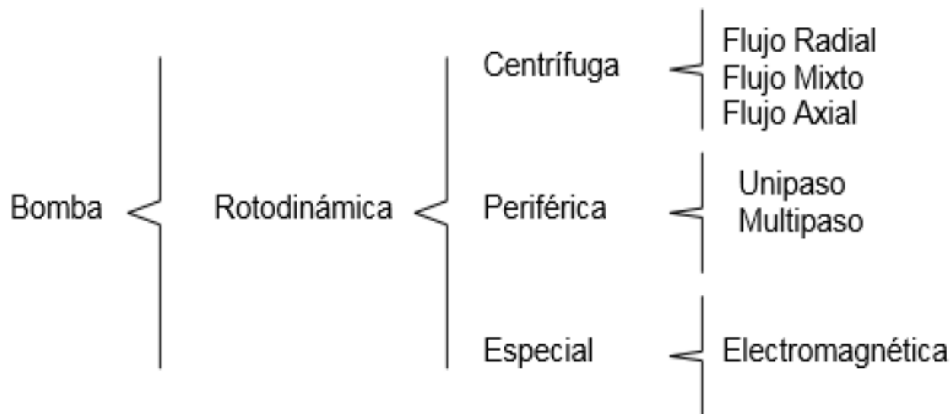


Ilustración 18 Clasificación de las bombas rotodinámicas.

La principal forma de clasificación de las bombas rotodinámicas (ilustración 19) es separarlas en bombas axiales, mixtas y radiales, según la dirección de salida del flujo con respecto al eje. El nombre común para las radiales es bombas centrífugas.

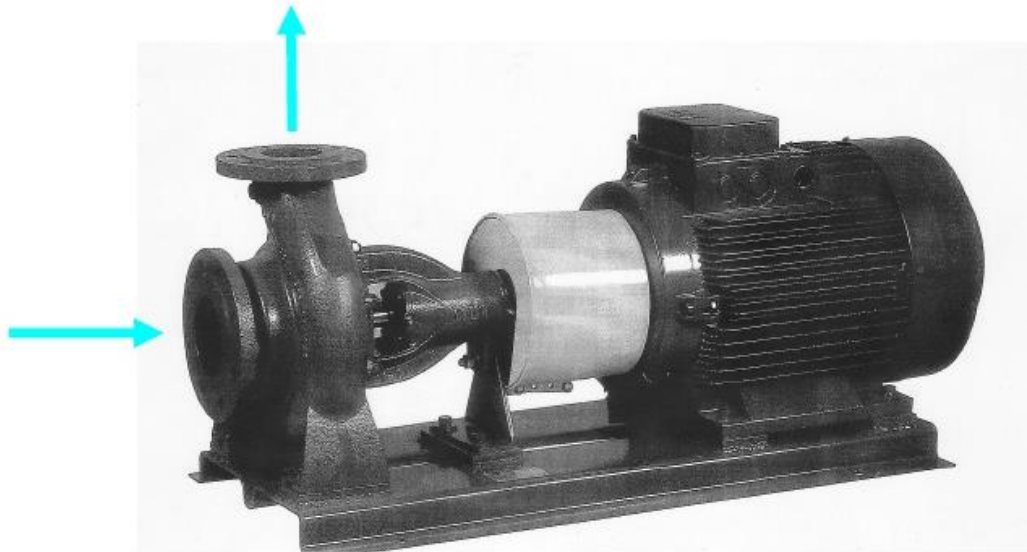


Ilustración 19 Bombas rotodinámicas.

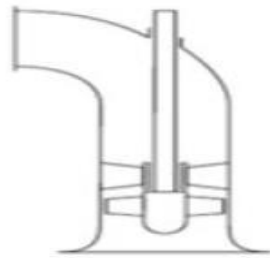
3.3. Bombas centrífugas

(Igor, 1989) La bomba centrífuga, también denominada bomba rotodinámica, es actualmente la máquina más utilizada para bombear líquidos en general. Las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor en energía cinética o de presión de un fluido incompresible. El fluido entra por el centro del rodete o impulsor que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba. Debido a la geometría del cuerpo, el fluido es conducido hacia las tuberías de salida o hacia el siguiente impulsor. Son máquinas basadas en la Ecuación de Euler.

Las Bombas Centrífugas se pueden clasificar de diferentes maneras (ilustración 20):

- Por la dirección del flujo en: radial, axial y mixto.

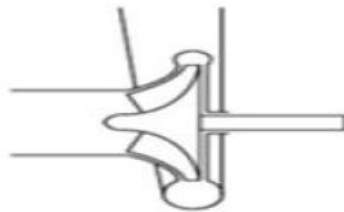
- Por la posición del eje de rotación o flecha en: horizontales, verticales e inclinados.
- Por el diseño de la coraza (forma) en: voluta y las de turbina.
- Por el diseño de la mecánica coraza en: axialmente bipartidas y las radialmente bipartidas.
- Por la forma de succión en: sencilla y doble.



Bomba axial



Bomba mixta



Bomba centrífuga

Ilustración 20 Tipos de bombas centrífugas

Aunque la fuerza centrífuga producida depende tanto de la velocidad en la periferia del impulsor como de la densidad del líquido, la energía que se aplica por unidad de masa del líquido es independiente de la densidad del líquido. Por tanto, en una bomba dada que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y transfiere al líquido, en pascales (Pa), metros de columna de agua (m.c.a), o pie-lb/lb de líquido, es la misma para cualquier líquido sin que importe su densidad. Tradicionalmente la presión proporcionada por la bomba en metros de columna de agua o pie-lb/lb se expresa en metros o en pies y por ello que se denomina genéricamente como "altura", y aún más, porque las primeras bombas se dedicaban a subir agua de los pozos desde una cierta profundidad (o altura). (Igor, 1989)

(Igor, 1989) Las bombas centrífugas tienen un uso muy extendido en la industria ya que son adecuadas casi para cualquier uso. Las más comunes son las que están construidas bajo normativa DIN 24255 (en formas e hidráulica) con un único impulsor, que abarcan capacidades hasta los 500 m³/h y alturas manométricas hasta los 100 metros con motores eléctricos de velocidad normalizada. Estas bombas se suelen montar horizontales, pero también pueden estar verticales y para alcanzar mayores alturas se fabrican disponiendo varios impulsores sucesivos en un mismo cuerpo de bomba. De esta forma se acumulan las presiones parciales que ofrecen cada uno de ellos. En este caso se habla de bomba multifásica o multietapa, pudiéndose lograr de este modo alturas del orden de los 1200 metros para sistemas de alimentación de calderas.

Constituyen no menos del 80% de la producción mundial de bombas, porque es la más adecuada para mover más cantidad de líquido que la bomba de desplazamiento positivo.

No hay válvulas en las bombas de tipo centrífugo; el flujo es uniforme y libre de impulsos de baja frecuencia.

Los impulsores convencionales de bombas centrífugas se limitan a velocidades en el orden de 60 m/s (200 pie/s).

3.3.1. Tipos de bombas centrífugas.

3.3.1.1. Bombas Centrífugas de un Solo Salto o Etapa

El término bombas para compuestos químicos se suele aplicar a las de un salto y de diseño simple. Estas bombas se construyen de modo que resulte fácil desmontarlas, que sean accesibles y con prensaestopas especiales para manejar líquidos corrosivos. Se emplean para servicios generales de abastecimiento y circulación de agua y para manipular compuestos químicos que no corroan el hierro ni el bronce.

3.3.1.2. Bombas Acopladas directamente.

Estas unidades, en las que el motor eléctrico, o a veces una turbina de vapor, está montado directamente sobre el mismo eje que el rodete, son sumamente compactas y apropiadas para una gran variedad de servicios cuando es posible emplear en su construcción hierro y bronce.

3.3.1.3. Bombas de múltiples saltos o etapas.

Estas bombas se usan en general para los servicios que exigen cargas (presiones) mayores que las que se consiguen con las bombas de un solo salto. Estos servicios incluyen las bombas de alta presión para abastecimientos de agua, las bombas para combatir los incendios, las de alimentación de calderas y las de carga para las refinерías. Las bombas de múltiples saltos, o varios rodetes, pueden ser de voluta o de difusor (ilustración 21)

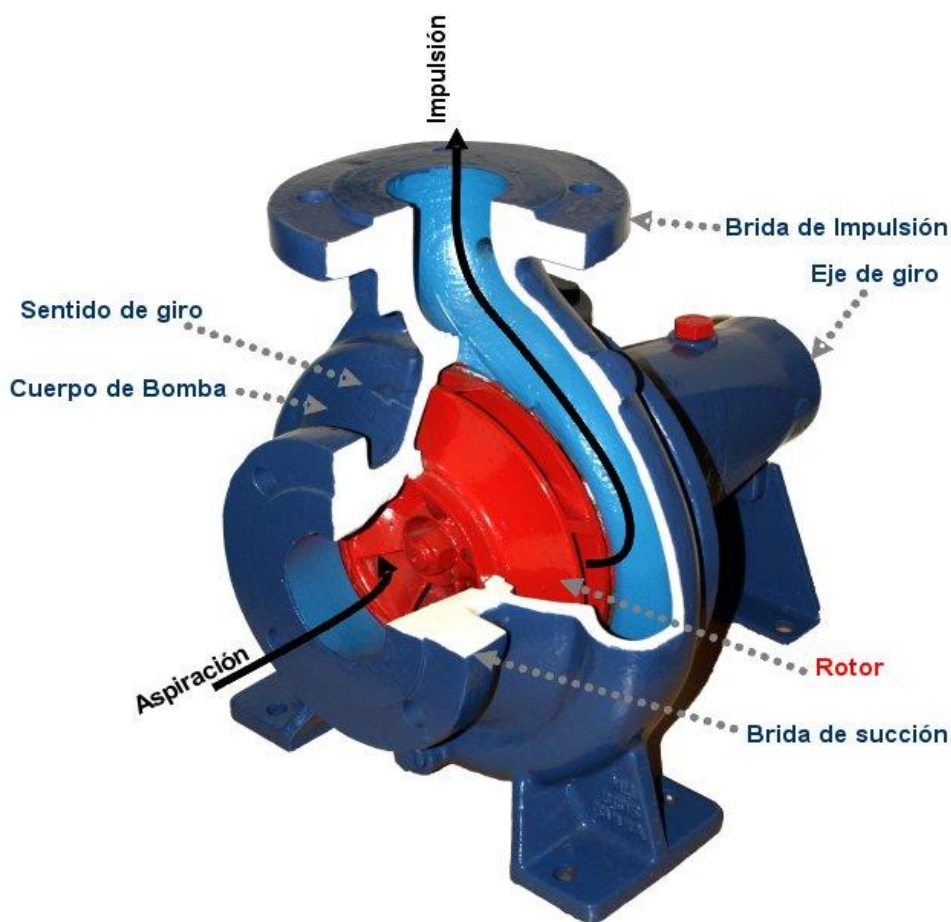


Ilustración 21 Bomba centrífuga

3.3.2. Principio de funcionamiento

(Igor, 1989) Las bombas centrífugas son máquinas denominadas "receptoras" o "generadoras" que se emplean para hacer circular un fluido en contra de un gradiente de presión. Para que un fluido fluya desde donde hay mayor presión hasta donde hay menos presión no se necesita ningún gasto de energía (Por ejemplo: un globo desinflándose, o un líquido desplazándose desde donde la energía potencial es mayor hasta donde es menor) pero, para realizar el movimiento inverso, es necesaria una bomba, la cual le comunica al fluido energía, sea de presión, potencial o ambas. Para esto, necesariamente se tiene que absorber energía de alguna máquina motriz, ya sea un motor eléctrico, uno de combustión interna, o una turbina de vapor o gas, etc.

3.4. Caudal

El caudal volumétrico es el volumen del líquido que fluye a través de un tubo en un tiempo definido. En la hidráulica se emplea el símbolo Q para denominar el caudal volumétrico y se emplea la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{V}{T} \quad \text{Ec. (1)}$$

Q = Caudal volumétrico (m^3/s)

V = Volumen (m^3)

T = Tiempo (s)

O también se puede emplear la ecuación:

$$Q = A \times V \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:



Q = Caudal

A = Área del orificio

V = Velocidad

3.5. Numero de Reynolds

(Mott, 2006) El comportamiento de un fluido, particularmente con respecto a las pérdidas de energía, depende bastante de si el flujo es laminar o turbulento. Por esta razón se desea tener medios para predecir el tipo de flujo sin la necesidad de observarlo. La observación directa es imposible para fluidos que se encuentran en conductos opacos. Se pueden mostrar experimentalmente y verificar analíticamente que el carácter del flujo en un conducto redondo depende de cuatro variables: la densidad del fluido ρ , la viscosidad del fluido μ , el diámetro del conducto D y la velocidad promedio del flujo, V .

Osborne Reynolds fue el primero en demostrar que un flujo laminar o turbulento puede ser predicho si se conoce la magnitud de un número adimensional, conocido ahora como el número de Reynolds (N_R , Re). La siguiente ecuación muestra la definición básica del número de Reynolds.

$$N_R = \frac{vD\rho}{\mu} = \frac{vD}{\nu} \quad \text{Ec. (3)}$$

Si $N_R \leq 2000$, el flujo es laminar.

Si $N_R \geq 4000$, el flujo es turbulento.

N_R = número de Reynolds.



v = velocidad promedio del flujo.

D = diámetro del conducto.

ρ = densidad del fluido.

μ = viscosidad del fluido.

ν = viscosidad cinemática. $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

Los flujos que tienen un número de Reynolds grande, típicamente debido a una alta velocidad o a una baja viscosidad, o a ambas, tienen a ser turbulentos. Aquellos fluidos que poseen una alta viscosidad y/o que se mueven a bajas velocidades tendrán un número de Reynolds pequeño y tendrán a ser laminares.

3.5.1. Números De Reynolds Críticos

Para aplicaciones prácticamente en flujos de conductos, tenemos que, si el número de Reynolds para el flujo es menor que 2000, el flujo será laminar.

Tenemos también que, si el número de Reynolds es mayor que 4000, se puede suponer que el flujo es turbulento. En el intervalo de número de Reynolds comprendido entre 2000 y 4000, es imposible predecir qué tipo de flujo existe; por consiguiente, este intervalo se conoce como región crítica. Si se encuentran que el flujo de un sistema está en la región crítica, la práctica normal consiste en cambiar la rapidez de flujo o el diámetro del conducto para hacer que el flujo sea claramente laminar o turbulento. Esto hace un análisis más preciso. (Mott, 2006)

3.5.2. Pérdidas Primarias En Tuberías

(Mott, 2006) Las pérdidas primarias son las pérdidas de superficie en el contacto del fluido con la tubería (capa límite), rozamiento de unas capas de fluido con otras (régimen laminar) o de las partículas de fluido entre sí (régimen turbulento). Tienen



lugar en flujo uniforme, por tanto, principalmente en los tramos de tubería de sección constante.

La pérdida de carga (m) Ecuación De HagenPoiseuille.

$$m = \frac{32\mu lV}{\gamma d^2} \quad \text{ó} \quad \text{Ec. (4)}$$

$$h_f = \frac{32LV\vartheta}{gd^2}$$

También la Ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ec. (5)}$$

Dónde:

h_L = pérdida de energía debido a la fricción (N*m/N, m, lb-pie/lb o pies)

L = longitud de la corriente del flujo (m o pies)

D = diámetro de la tubería (m o pies)

V = velocidad promedio del flujo (m/s o pies/s)

f = factor de fricción (adimensional)



La ecuación (4) de Poiseuille se aplica únicamente para flujo laminar mientras que la ecuación (5) de Darcy se utiliza para flujos laminares y turbulentos.

La ecuación de Darcy se utiliza para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, tanto para flujo laminar como turbulento. La diferencia entre los dos flujos está en la evaluación del factor de fricción adimensional f .

Cuando hay flujo turbulento en tuberías es más conveniente usar la ecuación de Darcy para calcular la pérdida de energía debido a la fricción.

El flujo turbulento es caótico y varía en forma constante. Por estas razones, para determinar el valor de f debemos recurrir a los datos experimentales.

Las pruebas han demostrado que el número adimensional f depende de otras dos cantidades adimensionales, el número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería. La rugosidad relativa es la relación del diámetro de la tubería D a la rugosidad promedio de la pared ϵ . La condición de la superficie de la tubería depende sobre todo del material de que está hecho el tubo y el método de fabricación. Debido a que la rugosidad es algo irregular, con el fin de obtener su valor global tomaremos valores promedios.

Se ha determinado el valor ϵ de la rugosidad promedio de la pared de tuberías y tubos existentes comercialmente. Estos son sólo valores promedios para tuberías nuevas y limpias tabla 1. Es de esperarse cierta variación. Una vez que una tubería ha estado en servicio durante algún tiempo, la rugosidad cambia debido a la corrosión y a la formación de depósitos en la pared.

Tabla 1.- Rugosidad promedio de tuberías.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

(Mott, 2006) Uno de los métodos más utilizados para evaluar el factor de fricción emplea el diagrama de Moody que se presenta en la (figura 14), el diagrama muestra la gráfica del factor de fricción f versus el número de Reynolds NR con una serie de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad relativa ϵ/D . estas curvas las generó L.F. Moody.

Se grafica en escalas logarítmicas tanto a f como NR , debido al rango tan amplio de valores que se obtienen. A la izquierda de la gráfica, para número de Reynolds menores de 2000, la línea recta muestra la relación $f = 64/NR$ para el flujo laminar.

Para $2000 < NR < 4000$ no hay curvas, debido a que ésta es la zona crítica entre el flujo laminar y el flujo turbulento, y no es posible predecir cuál de ellos ocurrirá. El cambio de flujo laminar a turbulento da como resultado valores para los factores de fricción dentro de la zona sombreada. Más allá de $NR = 4000$, se grafica la familia



de curvas para distintos valores de $\frac{\varepsilon}{D}$. Se hacen algunas observaciones importantes acerca de estas curvas:

1. Para un flujo con número de Reynolds dado, conforme aumenta la rugosidad relativa $\frac{\varepsilon}{D}$, el factor de fricción f disminuye.
2. Para una rugosidad relativa $\frac{\varepsilon}{D}$, el factor de fricción f disminuye con el aumento del número de Reynolds, hasta que se alcanza la zona de turbulencia completa.
3. Dentro de la zona de turbulencia completa, el número de Reynolds no tiene ningún efecto sobre el factor de fricción.
4. Conforme se incrementa la rugosidad relativa $\frac{\varepsilon}{D}$, también se eleva el valor del número de Reynolds donde comienza la zona de turbulencia completa.

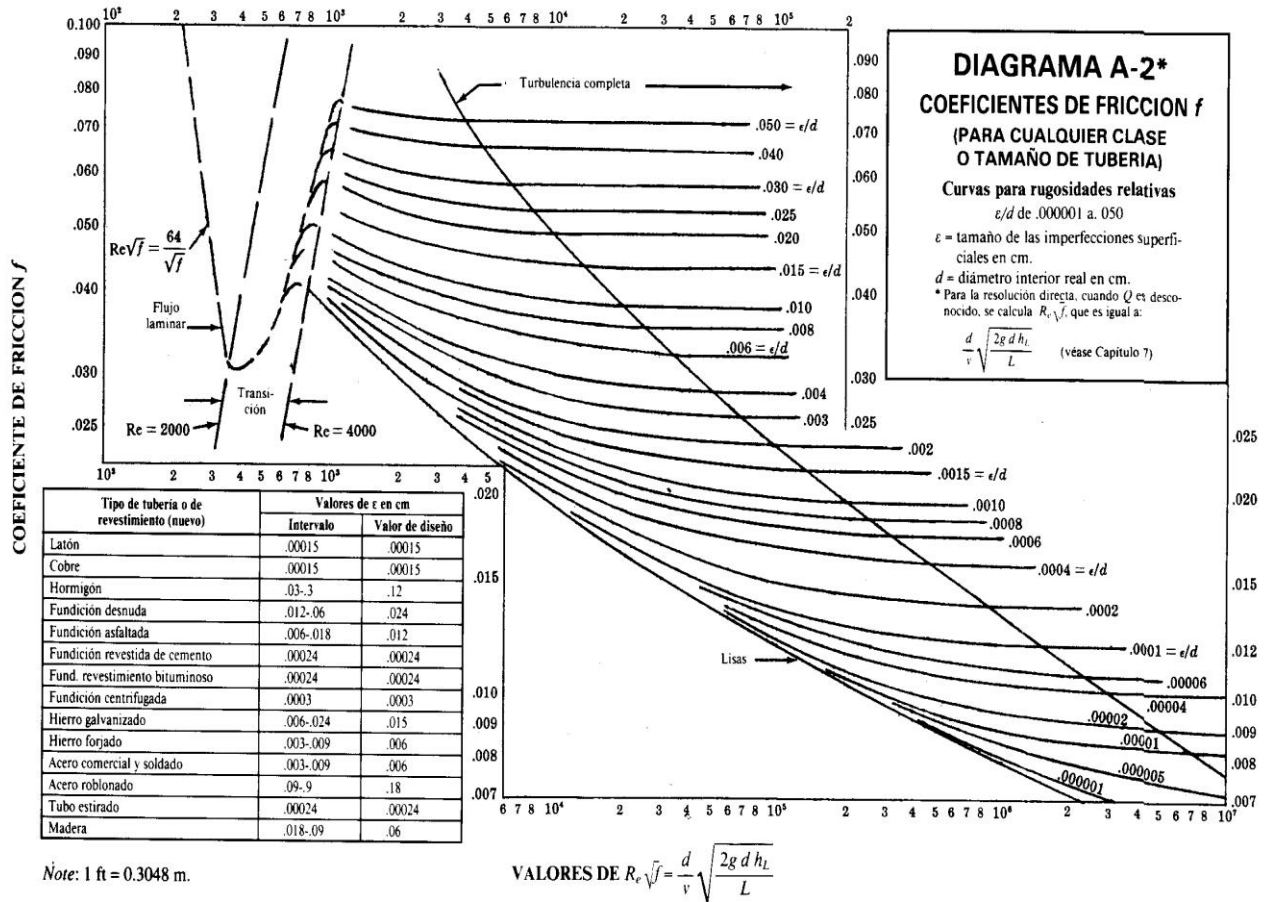


Ilustración 22 Diagrama de Moody

3.5.3. Pérdidas Secundarias En Tuberías.

(Mott, 2006) Las pérdidas secundarias son las pérdidas de forma, que tienen lugar en las transiciones (estrechamiento o expansiones de la corriente), codos, válvulas, y en toda clase de accesorios de tubería. Para encontrar las pérdidas por accesorios tenemos:

$$h_a = K \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ec. (6)}$$

Dónde:

h_a = pérdida de carga secundaria.

K = coeficiente de adimensional de pérdida de carga secundaria.

V = velocidad media en la tubería, si se trata de codos, válvulas, etc.

Si se trata de un cambio de sección como contracción o ensanchamiento, suele tomarse la velocidad en la sección menor. Lo correcto será indicar junto al valor de K la velocidad V que hay que tomar en cada caso. Tabla 5 muestra los valores del coeficiente K .

Tabla 2.- Valores del coeficiente K en pérdidas singulares.

VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS SINGULARES		
Accidente	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

Finalmente, la pérdida de carga total se da con:

$$h_T = h_L + h_a$$

Dónde:

h_T = pérdida de carga total en metros.

h_L = pérdida de carga por tubería.

h_a = pérdida de carga por accesorios.

3.6. Labview

LabVIEW 1.0 fue lanzado al mercado en 1986 por la compañía National Instruments. Desde entonces integró características importantes que aun hoy después de dos décadas de desarrollo y mejoras siguen siendo el núcleo fundamental de este entorno de programación. El remplazo de líneas de texto por iconos gráficos y la escritura de código por el enlace de estos iconos ha logrado disminuir mucho los tiempos de desarrollo que se requieren para crear un instrumento virtual. Originalmente creado para computadores Mac, hoy este tipo de instrumentación abarca una gran variedad de sistemas operativos desde Windows hasta sistemas en tiempo real. La instrumentación virtual integra este lenguaje de programación con hardware especializado para crear soluciones que permiten adquirir, analizar y presentar datos en laboratorios de ciencia básica e ingeniería aprovechando al máximo las capacidades de cálculo y comunicación de los computadores modernos. El éxito de este tipo de instrumentación ha sido muy grande y puede atribuirse a la facilidad de uso del entorno gráfico de programación y a los dispositivos de hardware auto configurables plug and play que permiten a profesionales de muchas áreas trabajar en monitoreo y control de sistemas sin ser especialistas en software, programación o electrónica. Otro parámetro importante ha sido la capacidad de integración con áreas específicas del conocimiento por medio del desarrollo de Tools Kits especializados que permiten crear aplicaciones avanzadas utilizando herramientas prediseñadas.

3.6.1. Presentación del entorno de Labview

Un programa desarrollado en LabVIEW es llamado un instrumento virtual y tiene la extensión .VI. Está compuesto por un panel frontal y un diagrama de bloques. El primero es la interface humano máquina en la cual se encuentran controles e indicadores que permiten al usuario interactuar con el instrumento virtual. Los controles e indicadores simulan la apariencia de un instrumento real. De esta forma el operador puede manipular las variables del programa sin tener ningún conocimiento en programación. Este panel frontal ha sido uno de los grandes logros



de LabVIEW ya que es fácilmente entendido y manejado por científicos e ingenieros de todas las ramas. Todos los controles pueden ser modificados por el usuario en posición, tamaño y color. Además, cuenta con algunos paquetes adicionales altamente especializados que permiten colocar controles e indicadores propios de campos muy específicos, algunos de esos paquetes son por ejemplo el DSSC (Data Login Sytem Control) que facilita la adquisición de datos y el control de instrumentos industriales y el Multisim para el diseño de aplicaciones con circuitos. Todos los controles e indicadores se encuentran en la paleta de controles que está disponible solo para el panel frontal, esta paleta se muestra en la figura 1.

En el diagrama de bloques se encuentra el código de programación el cual está basado en iconos que se conectan para establecer un flujo de datos, cada control e indicador del panel frontal tiene un terminal que lo representa en el diagrama de bloques y desde o hacia este terminal viajan datos a través de alambres de conexión. Todas las herramientas y funciones se obtienen de la paleta de funciones que está disponible en el diagrama de bloques, las diferentes funciones están agrupadas en sub paletas según su utilidad. Existen subpaletas tales como instrument i/o (para comunicación con instrumentos externos), Mathematics (para cálculos estadísticos, ajuste de datos o trabajo en álgebra lineal) y signal processing para el tratamiento de señales, entre muchas otras. De esta manera y conociendo la organización de las funciones dentro de cada una de las subpaletas, la programación puede hacerse de manera totalmente intuitiva. Aunque LabVIEW puede entender subrutinas basadas en lenguajes de texto importadas desde otros lenguajes de programación, los instrumentos virtuales pueden ser hechos en su totalidad colocando iconos gráficos, que representan funciones, dentro de estructuras de ejecución.



3.6.2. Instrumentación virtual

La instrumentación virtual nace de la utilización del computador como una herramienta de medida y análisis de datos en el laboratorio. Aunque los programas que se desarrollan en LabVIEW se llaman instrumentos virtuales, en su forma más general un instrumento virtual es la unión de un computador con el software y el hardware especializado que le permiten realizar las mismas funciones que un instrumento real. Estas funciones son adquirir, almacenar, analizar, mostrar y comunicar datos y tomar acciones de control sobre determinado proceso cuando así se requiera. Un instrumento virtual no es una simulación, el término virtual se refiere a que el instrumento no existe como un instrumento tradicional por separado si no como parte de un sistema basado en software. Software que, en la pantalla del computador simula la apariencia de un instrumento real. Las ventajas de utilizar instrumentación virtual son esencialmente todas aquellas que se derivan de la utilización de un computador y son entre otras: alta velocidad de procesamiento de datos, capacidad prácticamente ilimitada de almacenamiento de datos, comunicación de datos a diferentes niveles y altas velocidades, toma de decisiones según argumentos lógicos preestablecidos y capacidad comunicación con instrumentos externos o interfaces de adquisición de datos por diferentes tipos de interfaces o buses disponibles. (Quiñones, 2010)

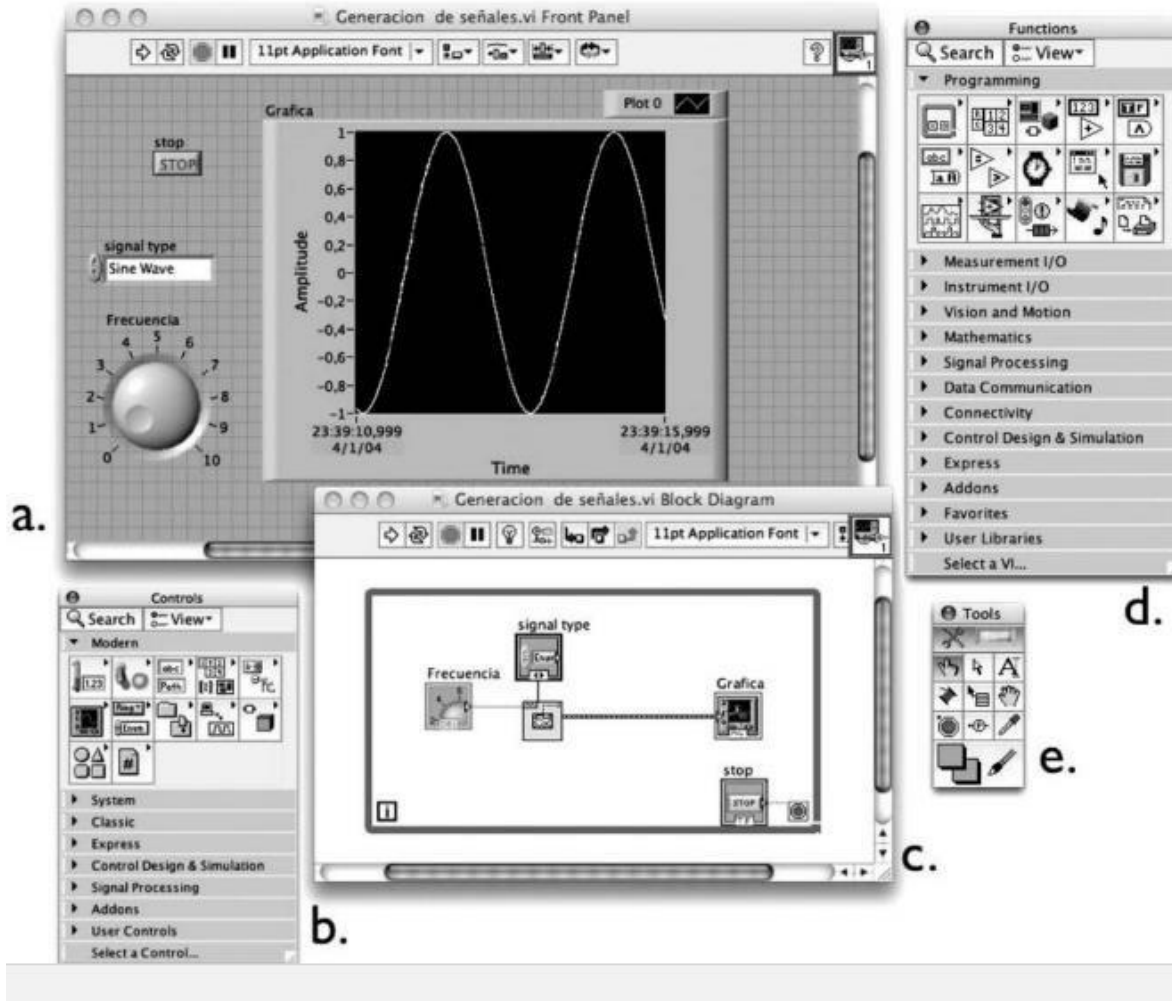


Ilustración 23 Labview Estructura de un instrumento virtual.

- a) Panel frontal con controles e indicadores.
- b) Paleta de controles.
- c) Diagrama de bloques con funciones y terminales
- d) Paleta de funciones
- e) Paleta de herramientas

3.7. Actuadores

Un actuador es un equipo que sirve para regular la variable de control y ejecutar la acción de control, pueden ser de 3 tipos: Actuadores eléctricos como por ejemplo motor, relé y electroválvulas, actuadores neumáticos y actuadores hidráulicos. (Díaz, 2013)



Ilustración 24 actuador

3.8. Válvulas

Una válvula es un elemento mecánico con el cual se puede iniciar, parar o regular el paso de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más conductos (Cadena, 2006)



Ilustración 25 Válvulas

3.9. Electroválvulas

Las electroválvulas o válvulas solenoides son dispositivos diseñados para control de flujo ON/OFF de un fluido. Están diseñadas para utilizarse con aire agua, gas, aire entre otros. Pueden estar fabricadas en latón, acero inoxidable o PVC, esto depende del fluido en el que se vayan a utilizar de acuerdo con eso es el material de la válvula. ((Maltarollo, 2014)



Ilustración 26 Electroválvulas

3.10. HMI

Es una interfaz que ayuda a la interacción entre un humano y una máquina, las cuales pueden ir desde los paneles de control para plantas nucleares hasta botones de entrada en un celular. Una interfaz hombre máquina es la que permite que el usuario u operador del sistema de control o supervisión, interactúe con los procesos (Antonio, 2015)



Ilustración 27 Pantalla HMI

3.11. Sensores

Los sensores de medición de nivel son parte integral del control de proceso en muchas industrias y caen en dos tipos principales. Los sensores de medición de nivel puntuales se usan para marcar una sola altura de líquido separada: una condición de nivel preestablecida. En general, este tipo de sensor funciona con una alarma alta, y señala una condición de desbordamiento, o un marcador para una condición de alarma baja.

Los sensores de nivel continuos son más sofisticados y pueden proporcionar monitoreo de nivel para todo un sistema. Miden el nivel de fluido dentro de un rango, en lugar de un punto, y producen una salida analógica que se correlaciona directamente con el nivel en el recipiente. Para crear un sistema de administración de nivel, la señal de salida se vincula con un ciclo de control de proceso y un indicador visual

3.11.1. Sensor de caudal

La selección eficaz de un medidor de caudal exige un conocimiento práctico de la tecnología del medidor, además de un profundo conocimiento del proceso y del fluido que se quiera medir.

Cuando la medida del caudal se utiliza con el propósito de facturar un consumo, deberá ser lo más precisa posible, teniendo en cuenta el valor económico del fluido que pasa a través del medidor, y la legislación obligatoria aplicable en cada caso.

3.11.1.1. Medidor de presión diferencial

La medida de caudal en condiciones cerradas consiste en la determinación de la cantidad de masa o volumen que circula por la conducción por unidad de tiempo.

Los instrumentos que llevan a cabo la medida de un caudal se denominan, habitualmente, caudalímetro o medidores de caudal, constituyendo una modalidad particular los contadores, los cuales integran dispositivos adecuados para medir y justificar el volumen que ha circulado por la conducción.

Los medidores de caudal volumétrico pueden determinar el caudal de volumen de fluido de dos formas.

- Directamente, mediante dispositivos de desplazamiento positivo.
- Indirectamente, mediante dispositivos de: presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza, etc.

Esta clase de medidores presenta una reducción de la sección de paso del fluido, dando lugar a que el fluido aumente su velocidad, lo que origina un aumento de su energía cinética y por consiguiente, su presión tiende a disminuir en una proporción equivalente, de acuerdo con el principio de la conservación de la energía, creando una diferencia de presión estática entre las secciones aguas arriba y aguas abajo del medidor.

Principales medidores de presión diferencial:

Entre los principales tipos de medidores de presión diferencial se pueden destacar los siguientes:

- Placas de orificio.
- Toberas.
- Tubos venturi.
- Tubos pitot.
- Tubos annubar.
- Codos.
- Medidores de área variable.
- Medidores de placa.

En este documento se profundizará en los sistemas de presión diferencial, para caudal más apropiados para este proyecto.

Se estima que, actualmente al menos un 75% de los medidores industriales en uso son dispositivos de presión diferencial, siendo el más popular la placa de orificio.

Las principales ventajas de dichos medidores son:

- Su sencillez de construcción, no incluyendo partes móviles.
- Su funcionamiento se comprende con facilidad.
- No son costosos, particularmente si se instalan en grandes tuberías y se comparan con otros medidores.

- Pueden utilizarse para la mayoría de los fluidos.
- Hay abundantes publicaciones sobre sus diferentes usos.
- Sus principales desventajas son:
 - La amplitud del campo de medida es menor que para la mayoría de los otros tipos de medidores.
 - Pueden producir pérdidas de carga significativas.
 - La señal de salida no es lineal con el caudal.
 - Deben respetarse unos tramos rectos de tubería aguas arriba y aguas abajo del medidor que, según el trazo de la tubería y los accesorios existentes, pueden ser grandes.
 - Pueden producirse efectos de envejecimiento, es decir, acumulación de depósitos o la erosión de las aristas vivas.
 - La precisión suele ser menor que la de medidores más modernos, especialmente si, como es habitual el medidor se entrega sin calibrar.

3.11.1.2. Placas de orificios

La placa de orificio consiste en una placa perforada que se instala en la tubería. El orificio de la placa, como se muestra en la ilustración 28 puede ser concéntrico, excéntrico y segmental.

Con el fin de evitar arrastres de sólidos o gases que pueda llevar el fluido, la placa incorpora normalmente un pequeño orificio de purga.

Entre los diversos perfiles de orificios que se utilizan, se pueden destacar los siguientes: de cantos vivos, de cuarto de círculo y de entrada cónica.

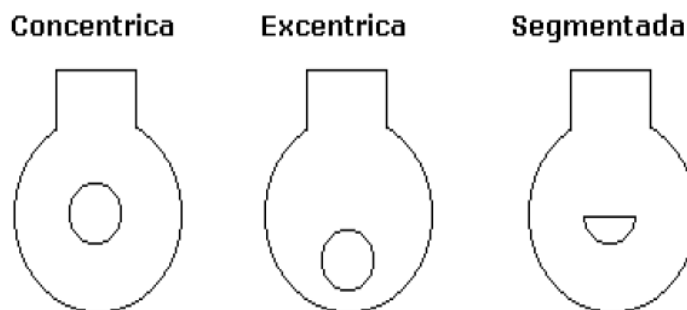


Ilustración 28 Placas de orificios

El más utilizado es el de cantos vivos, aunque también se usan las placas de cuarto de círculo y las de entrada cónica, especialmente cuando el fluido es viscoso.

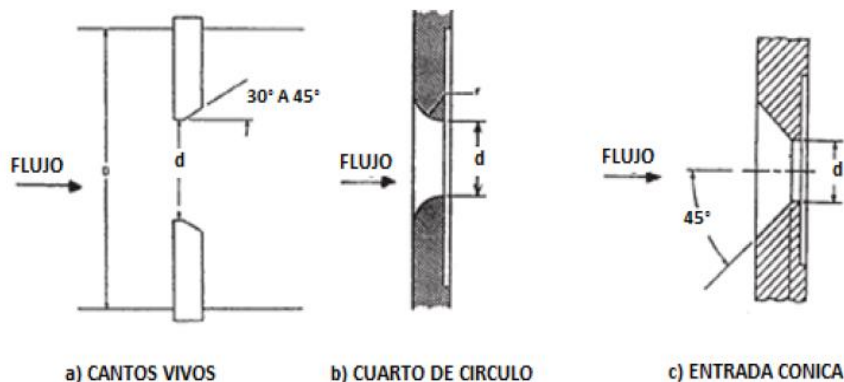


Ilustración 29 . Perfiles de orificios.

Para captar la presión diferencial que origina la placa de orificio, es necesario conectar dos tomas, una en la parte anterior y otra en la parte posterior de la placa. La disposición de las tomas, según se muestra en la figura, puede ser, en la brida, en la vena contraída, y en la tubería.

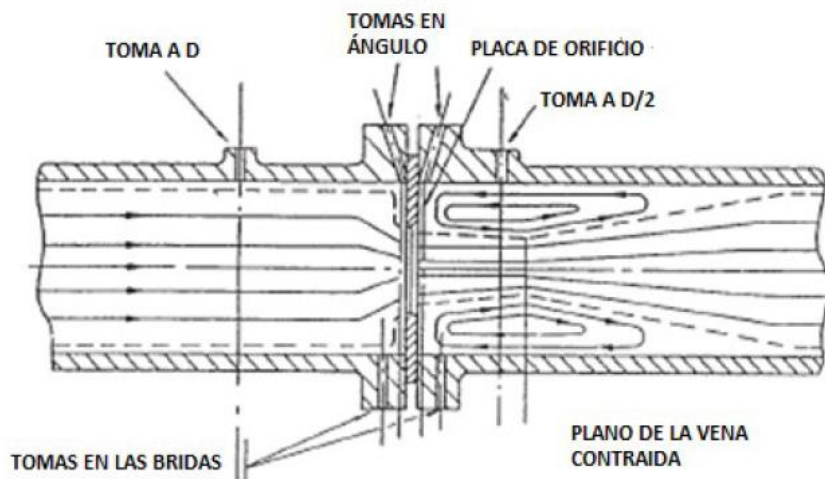


Ilustración 30 Tomas de presión alternativa

Las tomas en la brida se usan para tamaños de tuberías de 50,8 mm o superiores. En el caso de las tomas en la vena contraída, la toma antes de la placa se sitúa a 25,4 mm de distancia de la placa, mientras que la toma posterior se debe situar en el punto de mínima presión, donde la vena alcanza su diámetro más pequeño.

Las tomas en la tubería se sitúan a 2 ½ y 8 diámetros de tubería respectivamente, antes y después de la placa de orificio.

3.11.2. Sensor de presión

se pueden utilizar en la automatización de procesos y la producción de forma muy versátil, por ejemplo, para la regulación de presión en depósitos y sistemas de distribución. El monitoreo de los medios de proceso como lubricantes, refrigerantes, aceites hidráulicos y neumáticos repercute enormemente sobre los procesos de producción.



Ilustración 31 sensor de presión

3.11.3. Sensor ultrasónico

Un sensor ultrasónico calcula la distancia utilizando un transductor que emite “paquetes” de ultrasonido que guardan dentro una serie de ondas sonoras intermitentes. El paquete se emite en forma cónica, rebota en la superficie objetivo y regresa en un transductor.

El tiempo requerido por el sonido para ir y volver se mide y se convierte a unidades de distancia; este tiempo se mide en milisegundos. Este sensor tiene el mismo funcionamiento que un radar ya que envía pulsos a alta frecuencia en este caso ultrasónicos. Está compuesto por dos piezoeléctricos: un transmisor y receptor ambos en forma de cilindro.

El transmisor se encarga de emitir la señal ultrasónica para luego ser rebotada a través de un objeto llegando al cilindro receptor. Debido a que la señal le tardará un tiempo en regresar desde que se emite, es obvio pensar que la velocidad con la cual llegará al receptor está íntimamente relacionada con la distancia de transmisión y rebote.

Sensor ultrasónico para la medición de nivel de llenado de líquidos y sustancias sólidas (sin contacto con los medios). Catálogo de sensores de nivel ultrasónico (anexo f)

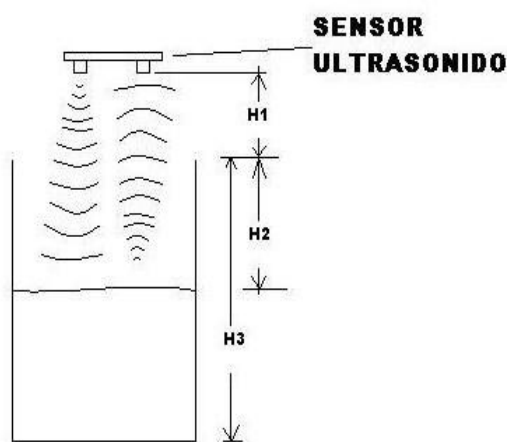


Ilustración 33 Señal enviada y recibida por sensor ultrasónico



Ilustración 32 sensor ultrasónico

3.11.4. Sensores magnetostrictivos

se pueden introducir desde arriba o abajo en el depósito. El imán (marcador de posición) sí está en contacto con los medios.

Los sistemas magnetostrictivos de medición de posición se utilizan en todas las aplicaciones que requieren una alta fiabilidad y precisión en la medición de posición y velocidad. Incluso para recorridos largos. Nuestros sistemas de medición absoluta y sin contacto en combinación con interfaces tipo industrial resultan ideales para una amplia gama de aplicaciones. Incluso en caso de condiciones de trabajo extremas garantizan una alta disponibilidad de las máquinas e instalaciones.

Las ventajas más importantes:

- Precisos, medición absoluta. No es necesarios buscar cero
- Sin desgaste y mantenimiento ya que trabajan sin contacto
- Inmunes frente a choques, vibraciones y suciedad
- Carcasas herméticamente estancas
- Aplicaciones de regulación altamente dinámicas gracias a datos de medición sincronizados
- Larga vida útil
- Gran flexibilidad de instalación y uso



Ilustración 34 Sensores magnetostrictivos

3.11.5. Sensores capacitivos

El sensor capacitivo es un interruptor electrónico que trabajan sin contacto. Estos sensores aprovechan el efecto que tienen los materiales como el papel, vidrio, plástico, aceite, agua, así como de los metales, de aumentar la capacidad del sensor cuando se encuentran dentro del campo eléctrico generado.

Constan de un condensador que genera un campo eléctrico. Este condensador forma parte de un circuito resonador, de manera que cuando un objeto se acerca a este campo, la capacidad aumenta y el circuito empieza a resonar

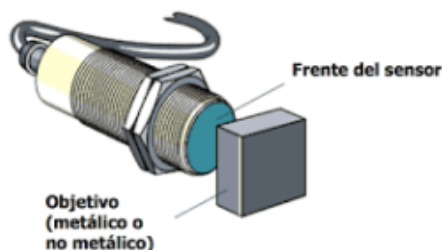


Ilustración 35 Sensores capacitivos

CAPÍTULO 4: Diseño

4.1. Desarrollo de un sistema scada utilizando Labview y el módulo DSC

El Módulo LabVIEW Datalogging and Supervisory Control (DSC) amplía los beneficios de la programación gráfica al desarrollo de aplicaciones Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) o de registro de datos de gran cantidad de canales. Use las herramientas para comunicar controladores lógicos programables (PLCs) y controladores de automatización programables (PACs) convencionales, registrar datos a bases de datos, administrar alarmas y eventos y crear interfaces humano-máquina (HMIs).

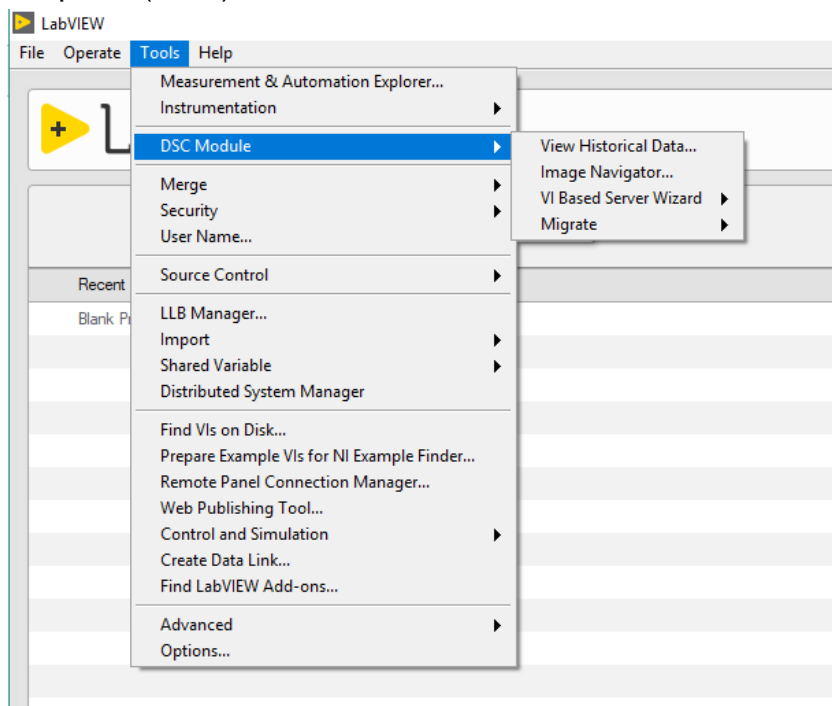


Ilustración 36 módulo DSC LabVIEW

El Módulo LabVIEW DSC se vende con soporte para protocolos industriales usados comúnmente, incluyendo OPC Arquitectura Unificada (UA), el cual brinda a una aplicación la habilidad de comunicarse con prácticamente todos los PLCs y PACs. Con esta flexibilidad, usted puede integrar fácilmente LabVIEW a sistemas SCADA/HMI existentes.

Como se muestra en la ilustración 37 abrimos LabVIEW y creamos un “Nuevo Proyecto”, ya que será necesario para poder utilizar variables compartidas y realizar el ejecutable.

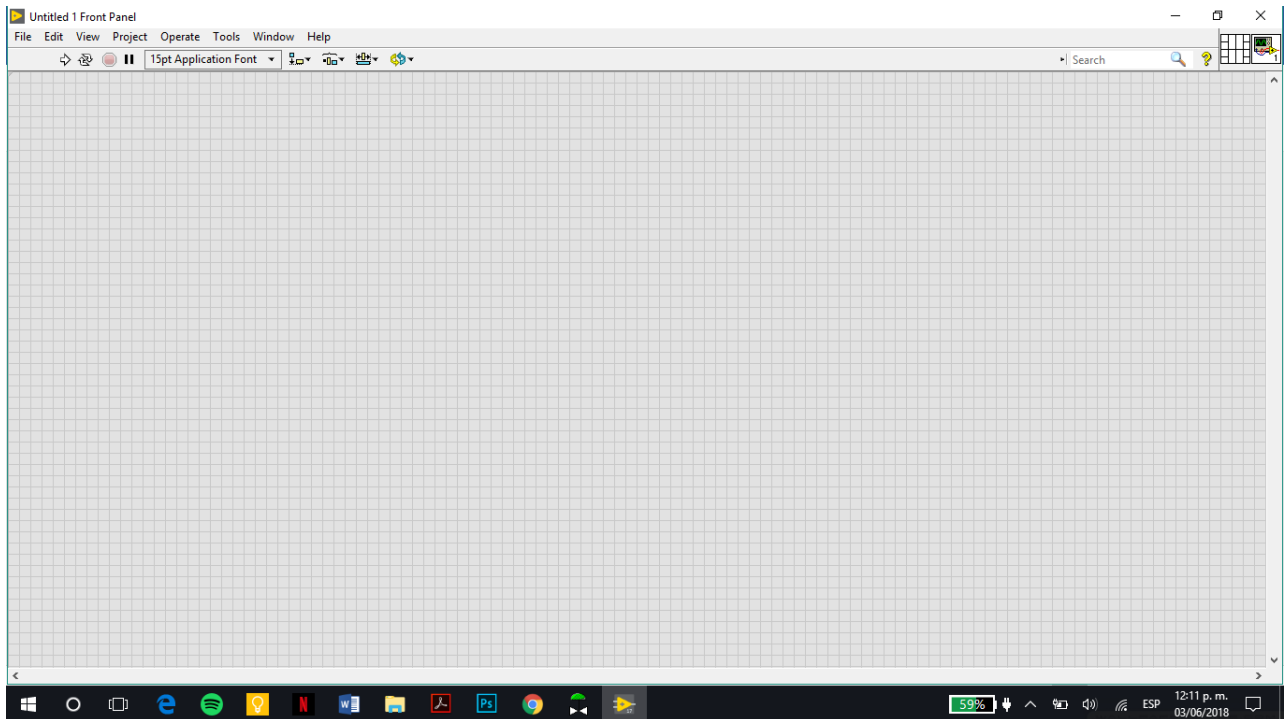


Ilustración 37 creación de nuevo proyecto LabVIEW

Le damos clip a tools luego a DCS modulo y por último a image navigator, como se muestra en la ilustración 38 se nos abrirá una pestaña donde podremos escoger cualquier tipo de tanques, bombas, válvulas, tuberías, sensores y entre otros.

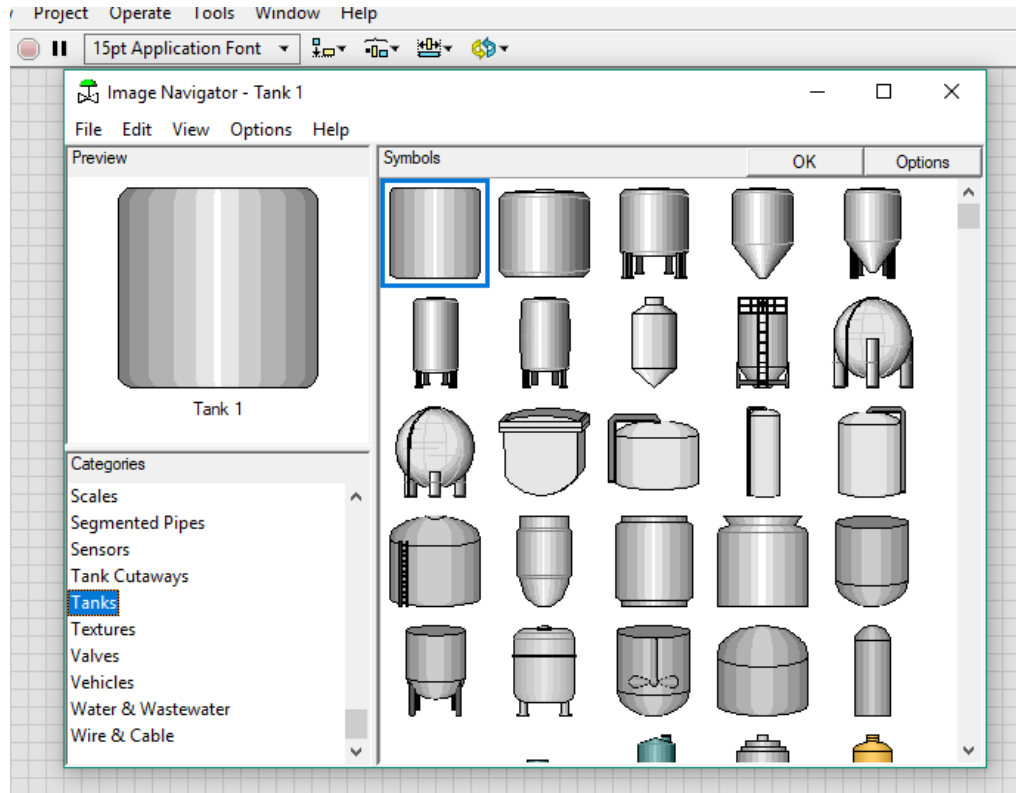


Ilustración 38 modulo DCS

Comenzamos a crear un diseño de control de nivel del llenado y vaciado de un depósito, iniciamos a insertar lo que es bombas, tuberías, válvulas y sensores.

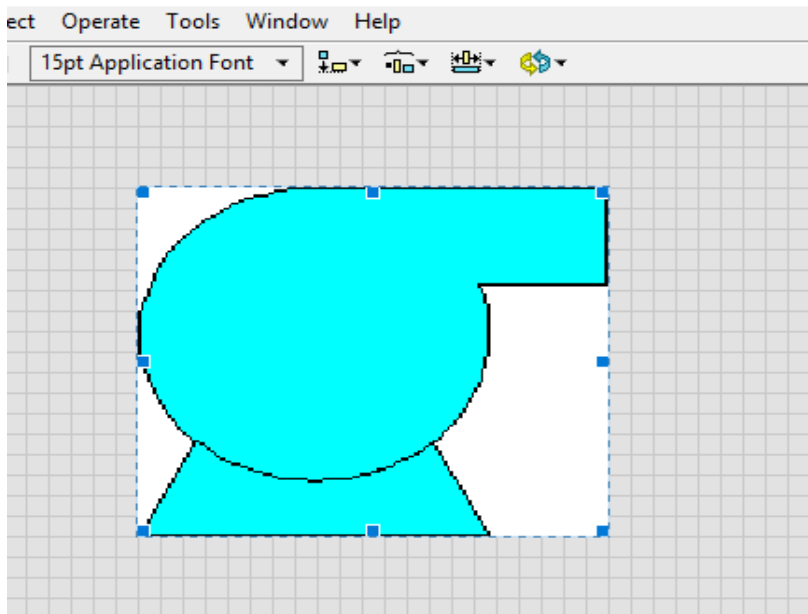


Ilustración 39 Bomba diseño

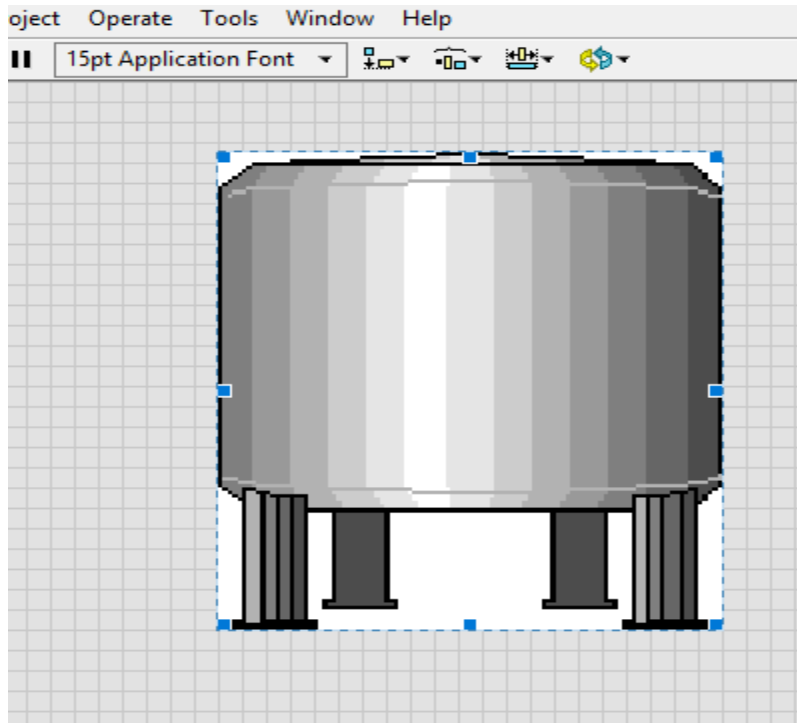


Ilustración 41 Tanque diseño

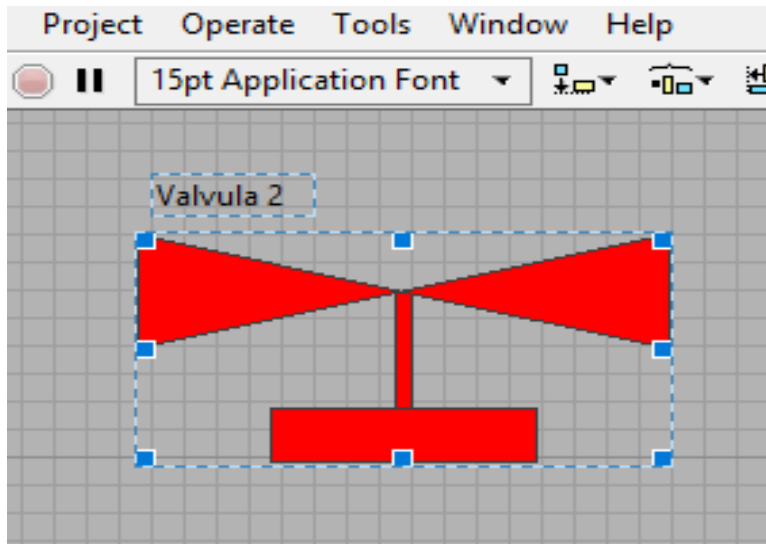


Ilustración 40 válvula diseño

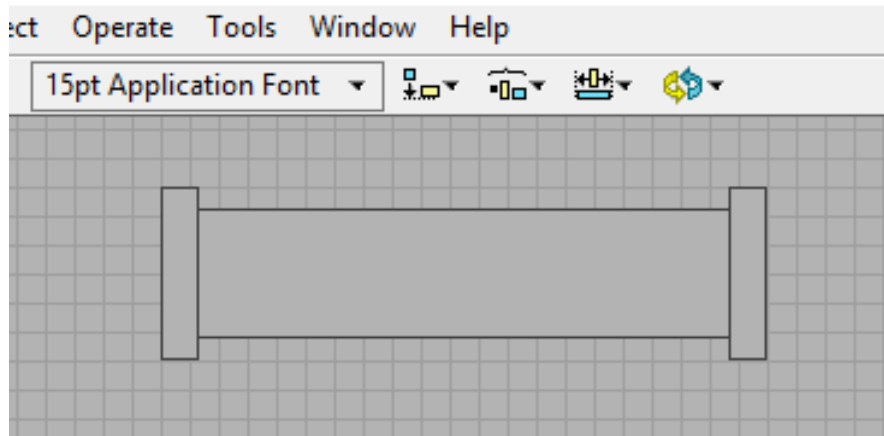


Ilustración 42 tubería diseño

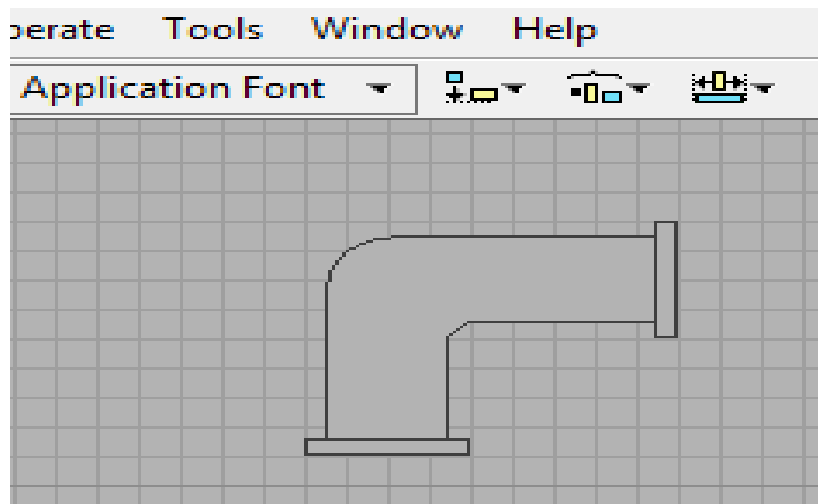


Ilustración 43 codo diseño

Ya que tenemos la bomba, tanque, tubería, entre otros iniciamos a desarrollar el diseño, conectamos la bomba con la tubería como se muestra en la ilustración.

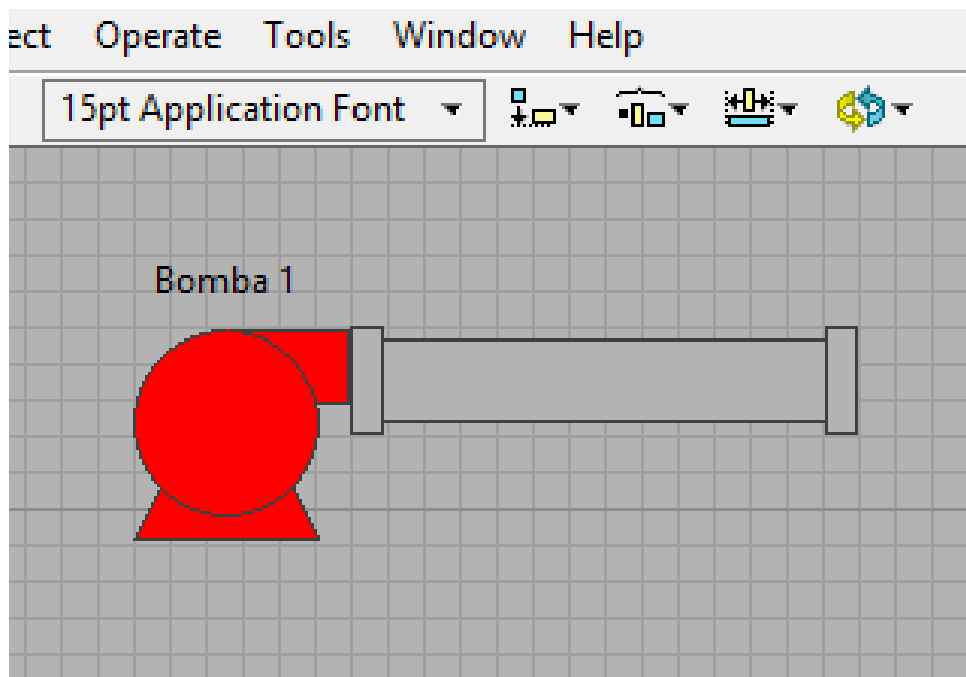


Ilustración 44 Bomba conectado a la tubería

El siguiente paso es conectar después de la tubería una válvula y un codo, como se muestra en la ilustración 45.

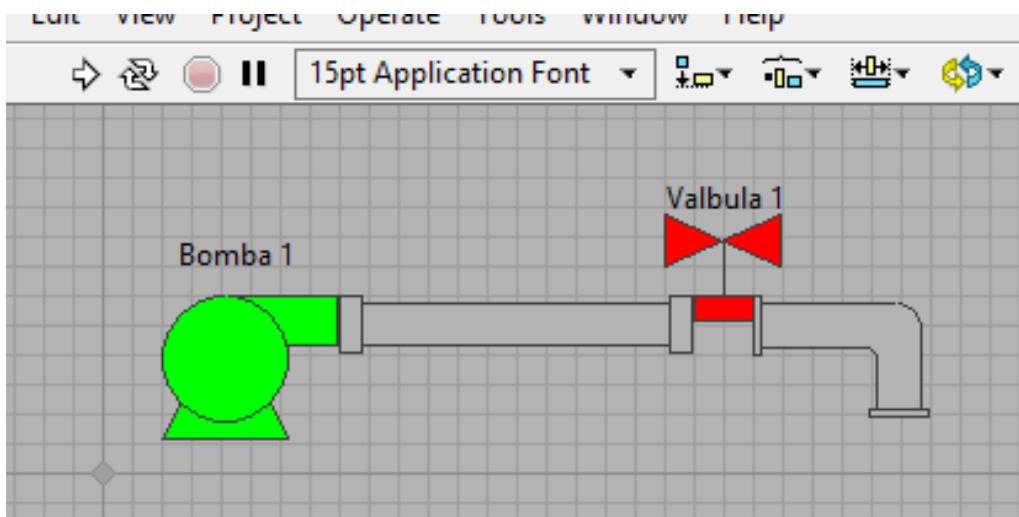


Ilustración 45 válvula a un codo

De la ilustración 45 estaría conectado a un tanque de 1000 litros, y como vamos a trabajar con dos bombas sería lo mismo que la ilustración 45 pero en la parte derecha. Como se muestra en la ilustración 46

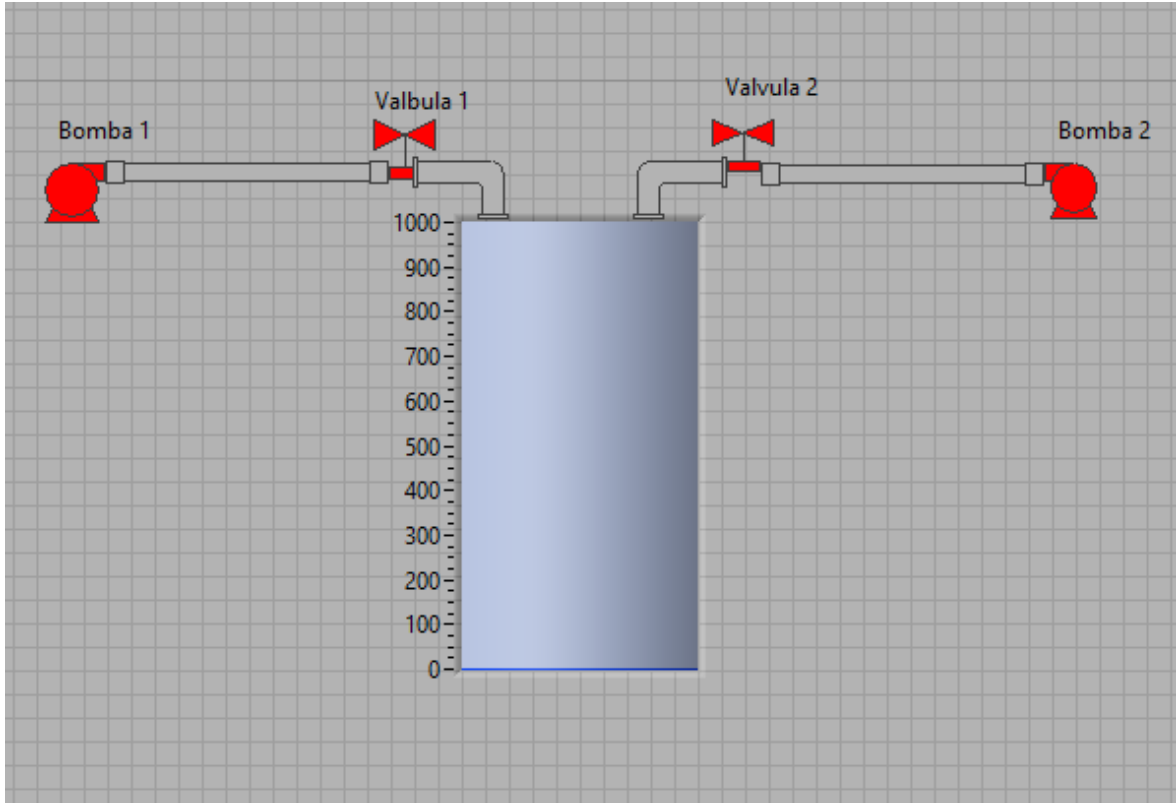


Ilustración 46 tuberías conectadas al depósito

De la ilustración 46 en la parte de abajo del depósito de 1000 litros, vamos a conectar un codo y una válvula y por último una tubería donde esto sería el vaciado.

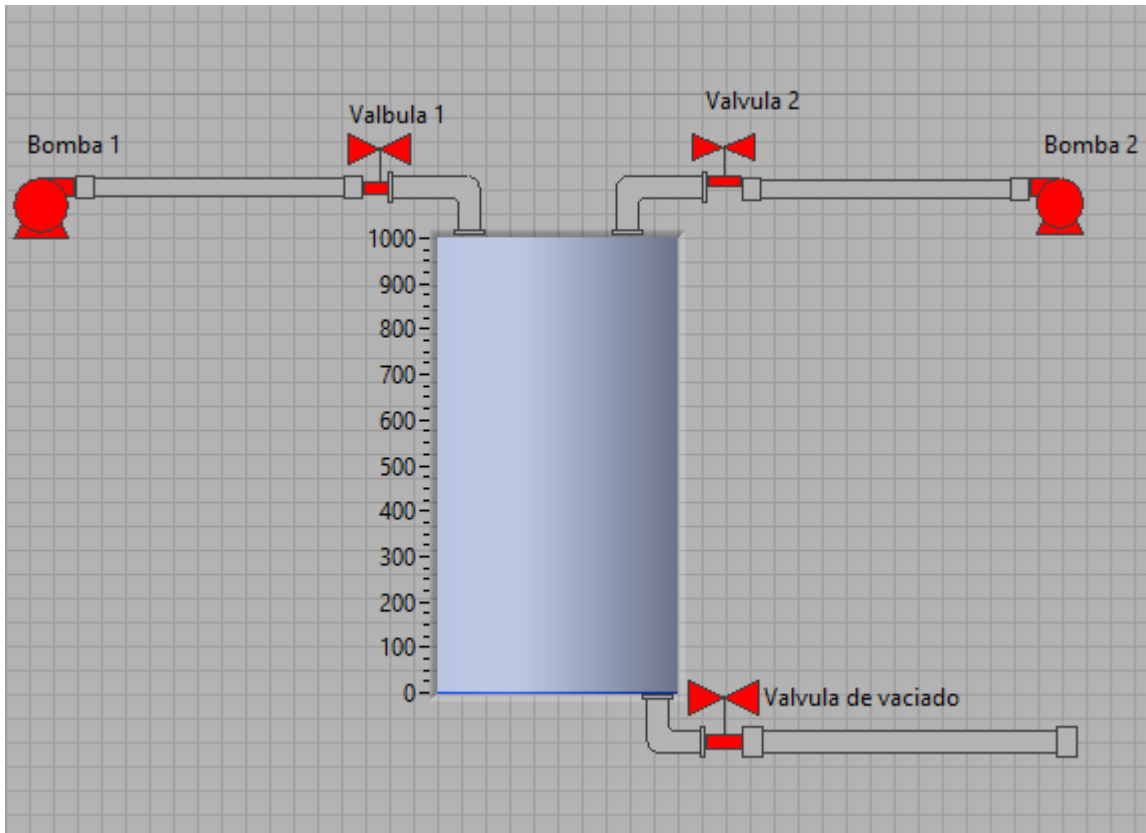


Ilustración 47 diseño del llenado y vaciado de un deposito

Como se muestra en la ilustración 47, es el diseño definitivo de un depósito de nivel de llenado y vaciado de un depósito. Nosotros podremos controlar cualquiera de las dos bombas para que el depósito se llene, si la planta requiere una producción más rápida las dos bombas se encenderían, o que cada bomba compartan la mita del depósito 500 litros para la primera bomba y 500 litros para la segunda bomba. O una bomba deja de funcionar o estaría en mantenimiento por seguridad estaría la otra para que la producción no se detenga.

En la ilustración 48 como se muestra abajo es donde podemos introducir el numero digital de nivel bajo, medio y alto. Podemos controlar el nivel de llenado

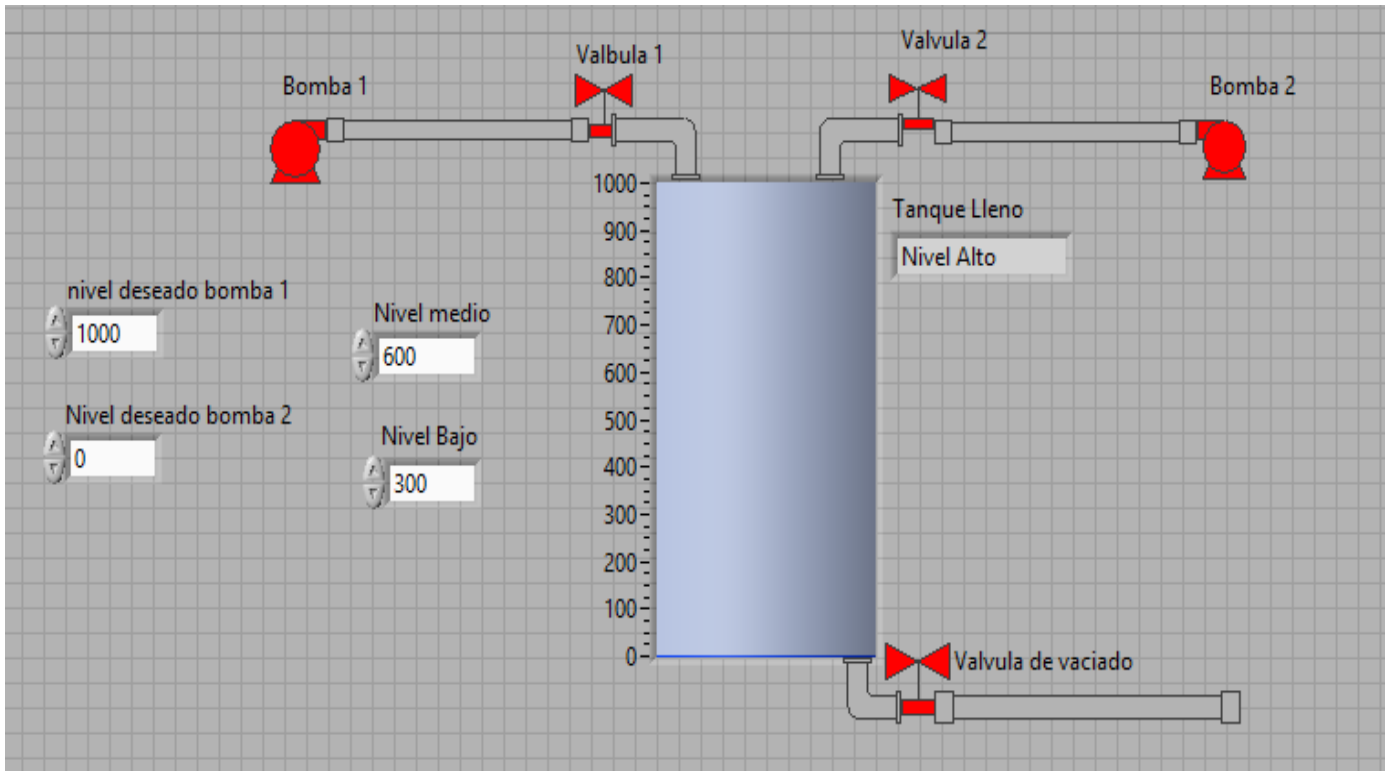


Ilustración 48 variable de llenado del deposito

Por último, en el cuadro de iconos insertamos lo que es una barra que permite variar la velocidad (ms) con respecto a la simulación, un botón de llenado y vaciado, y por último un botón de pausar y detener la simulación.

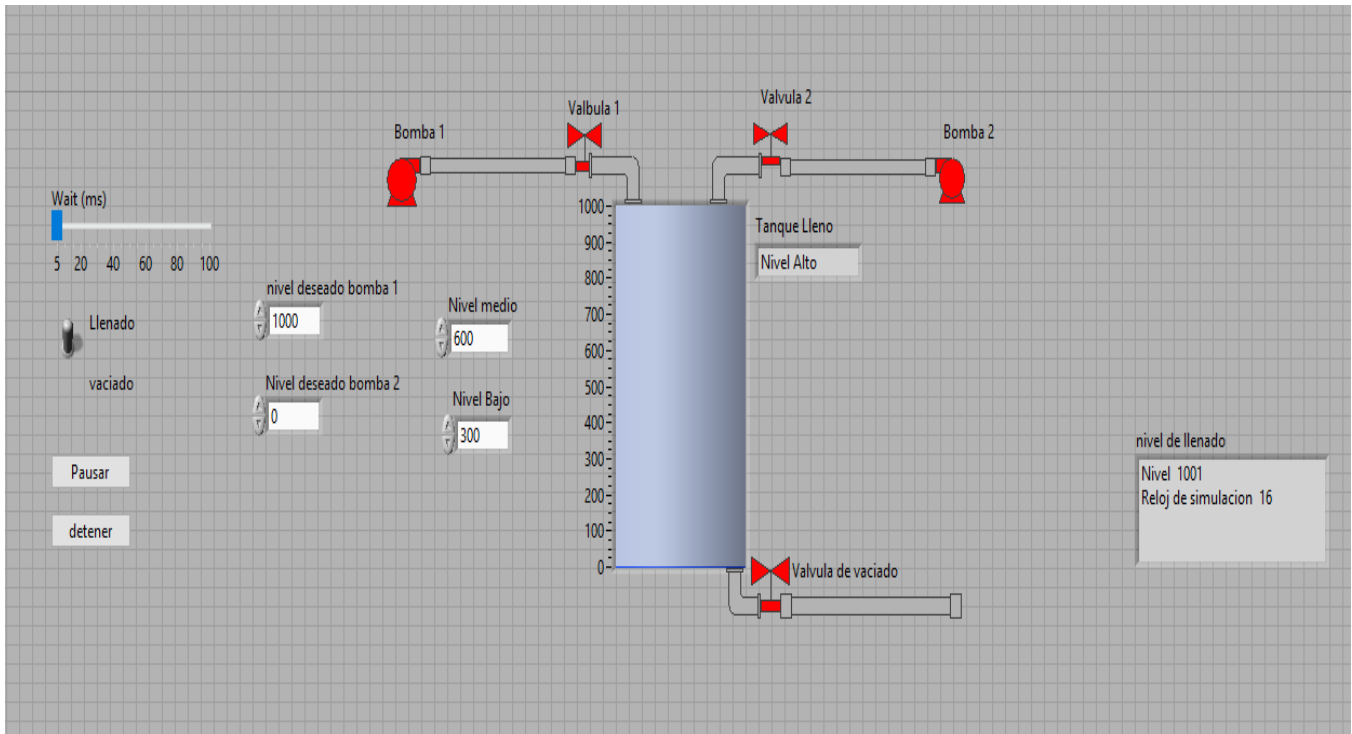


Ilustración 49 diseño final del deposito

En la ilustración 49 es el final del cuadro de iconos, vamos a pasar en el diagrama de bloques donde esta toda la estructura donde está programado del llenado y vaciado del depósito.

Iniciamos con un ciclo While loop, internamente vamos a tener dos ciclos if, uno externo y uno interno.

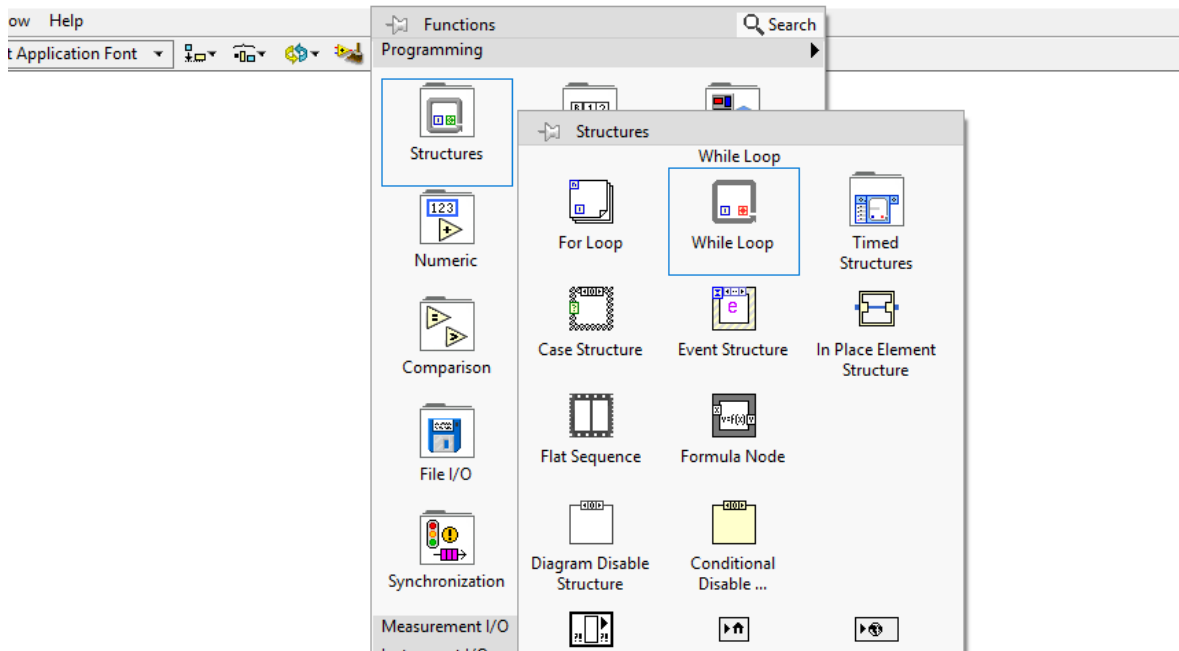


Ilustración 50 ciclo while loop

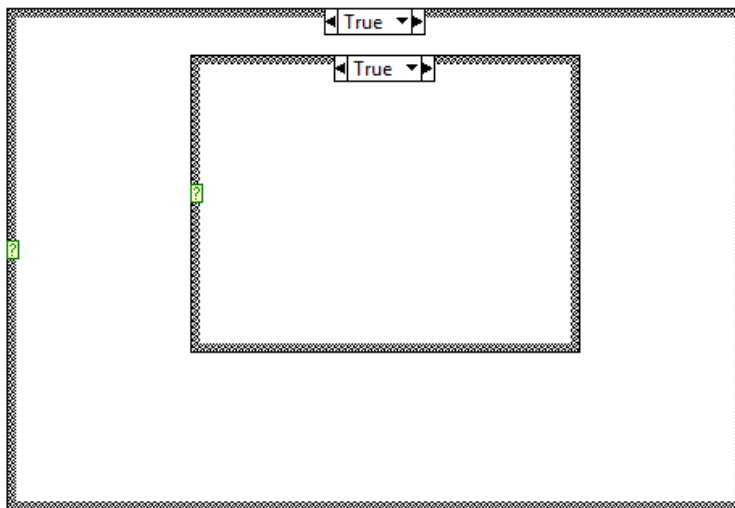


Ilustración 51 dos ciclos if, internamente

En la ilustración 52 el ciclo if externamente en función alto y bajo su única función es cuando se oprime el botón pause es detener el llenado y vaciado del depósito.

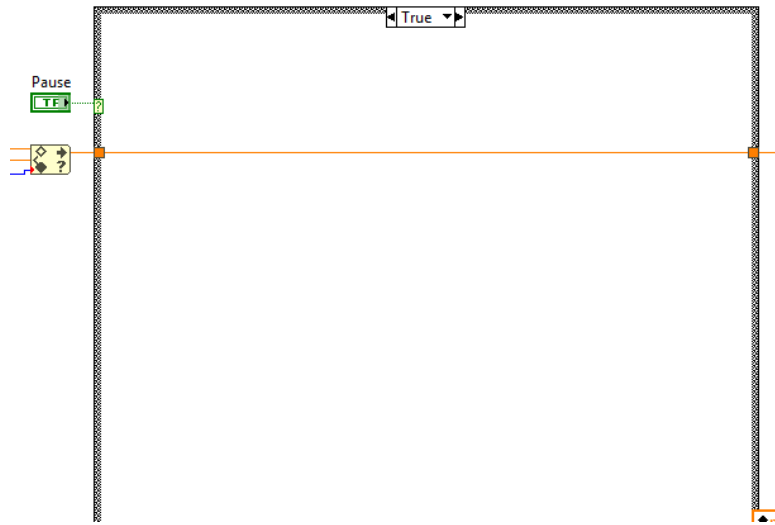


Ilustración 52 ciclo if externamente en función alto

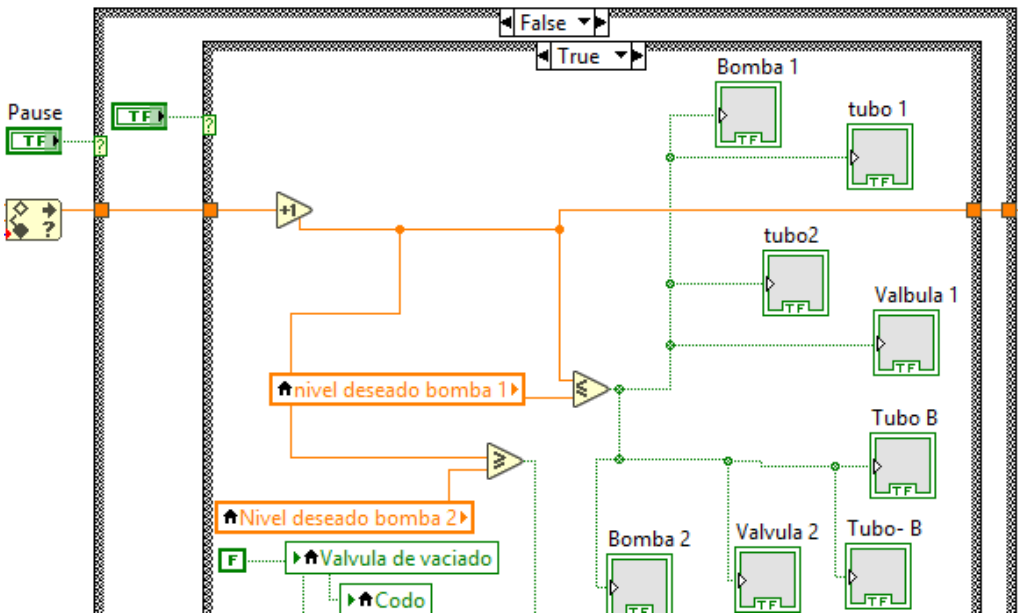


Ilustración 53 ciclo if externamente en función bajo

El ciclo if internamente es controlar el llenado y vaciado del depósito, arranca con un registro el cual entra un comparador o un rango entre la bomba 1 y cero, entra a validar si no está oprimido el botón de pause si confirma que no está oprimido entra a ejercer el llenado o vaciado dependiendo el ciclo if internamente.

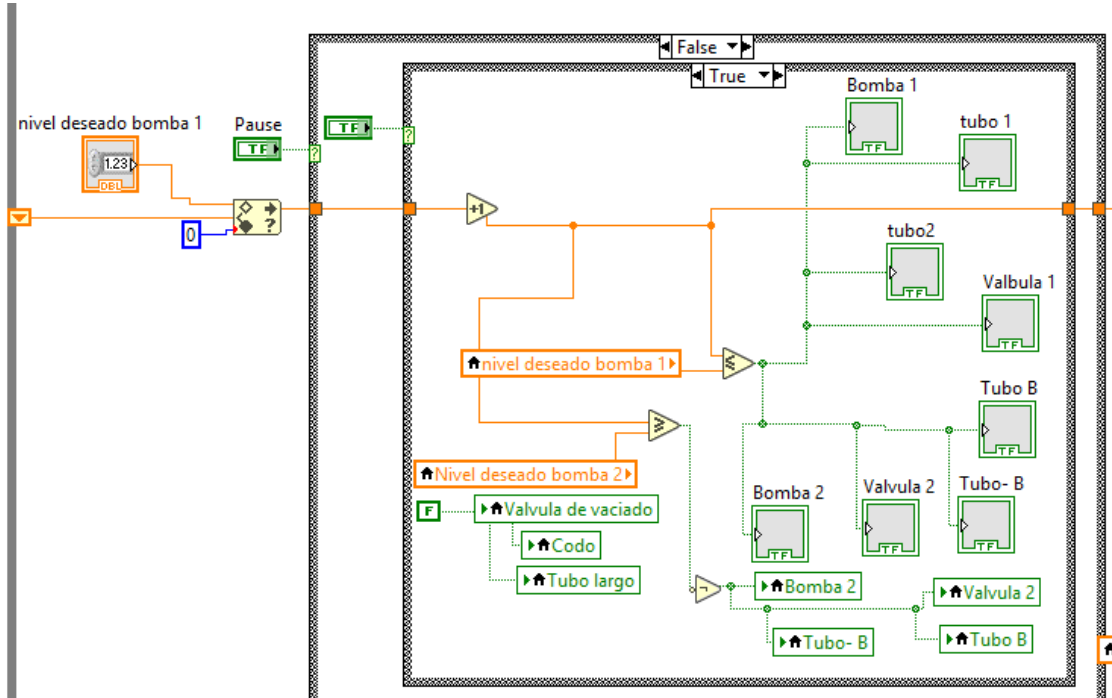


Ilustración 54 diagrama de bloque llenado del deposito

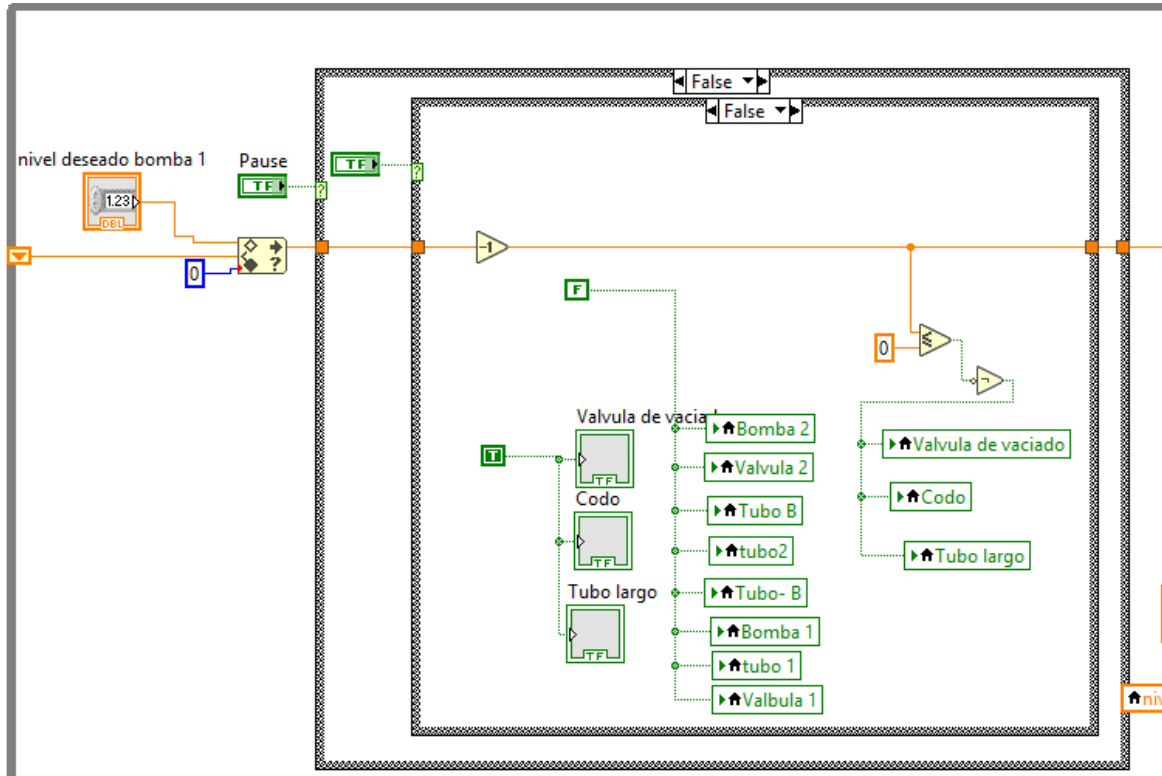


Ilustración 55 diagrama de bloque vaciado del deposito

En la parte del llenado optimizamos un pulso va dirigido al comparador o rango entre la bomba 1 y cero, empieza a aumentarse de uno en uno, ese valor aumentado va dirigido al tanque y completa el ciclo while.

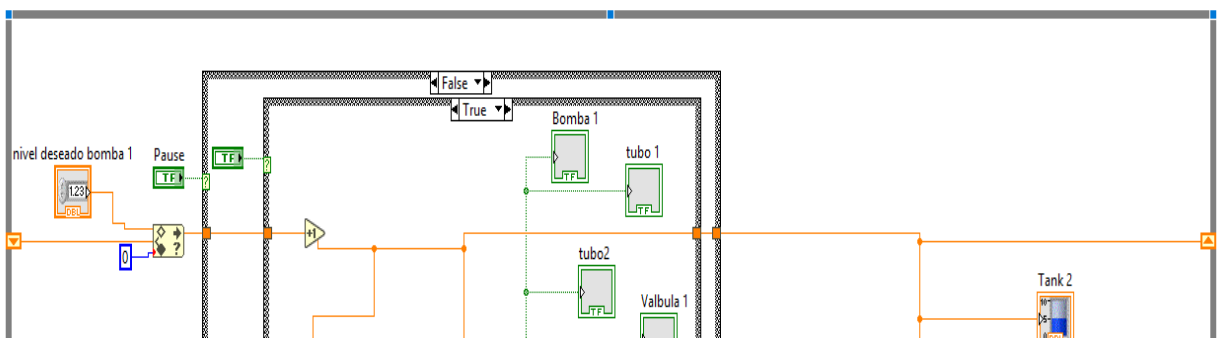


Ilustración 56 diag. Bloques ciclo if internamente, función alto

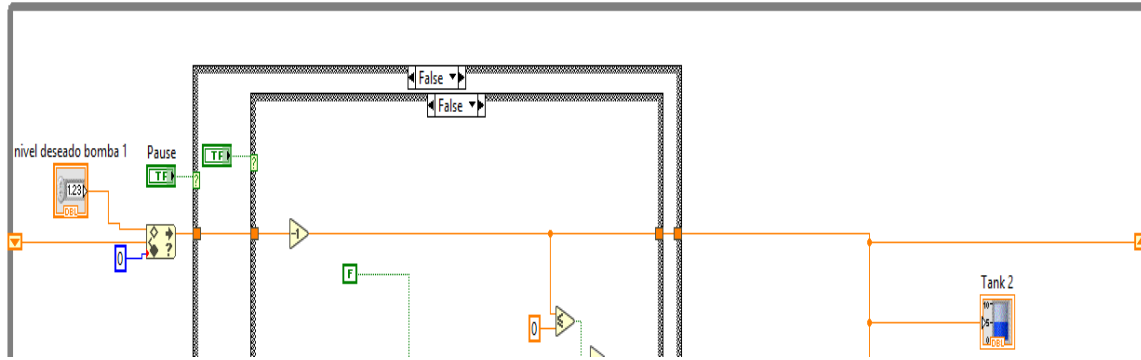


Ilustración 57 diag. Bloques ciclo if internamente, función bajo

Para garantizar los niveles del tanque existen unos comparadores de nivel bajo, medio y alto los cuales van a estar sujetos a los valores introducidos del usuario

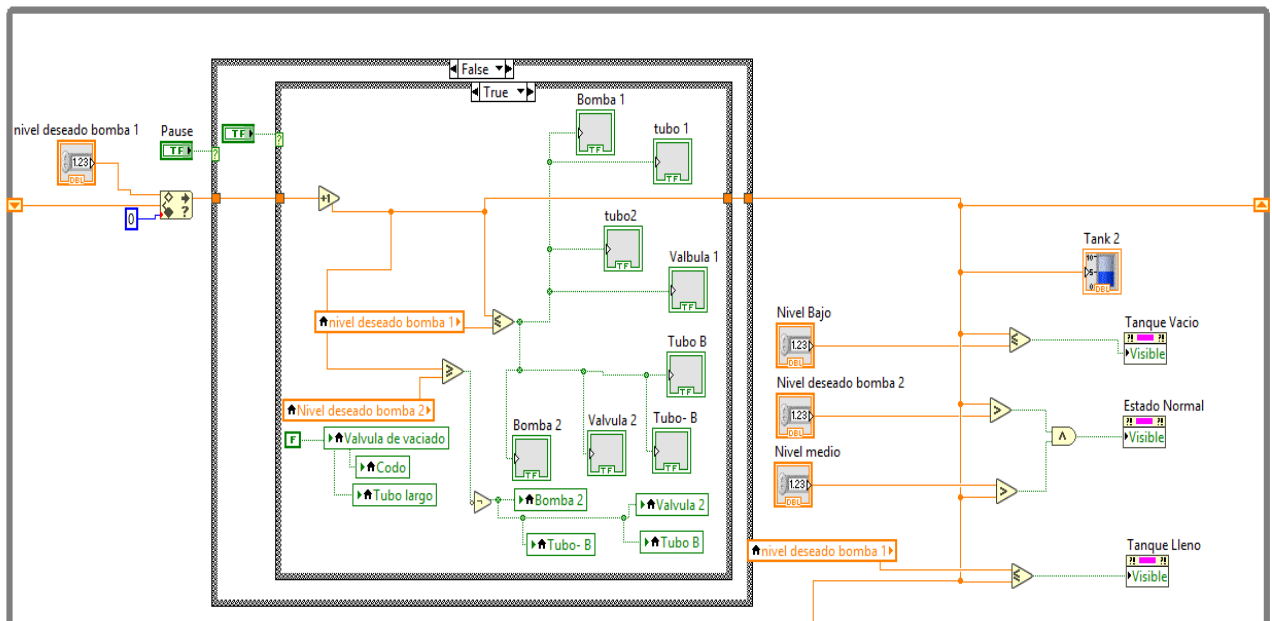


Ilustración 58 diag. Bloque comparadores

Elaboramos un string o las cadenas donde se van a mostrar de acuerdo al nivel del tanque donde se van a hacer visibles cuando se cumpla la condición.

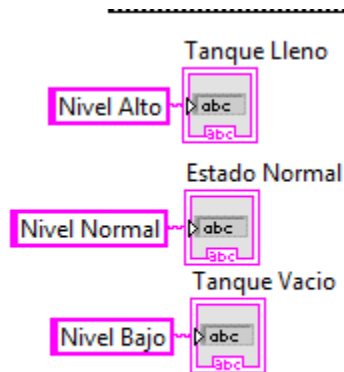


Ilustración 59 string o bloques

Por otro lado tenemos el concatenated string, que muestra el nivel de tanque se hace un espacio y se hace una conversión de numero decimal a string para poderlo mostrar luego de un espacio, tenemos otro espacio donde es el reloj de simulación lo cual será el tiempo que variara con las condiciones o la decisión del usuario que esté operando.

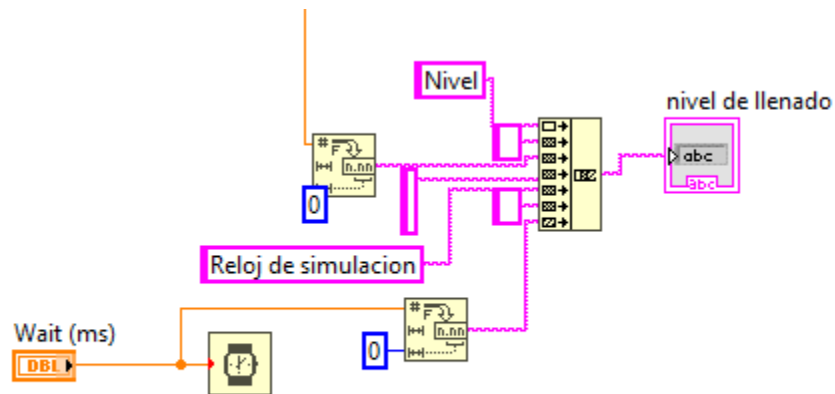


Ilustración 60 concatenated string

Por ultimo y terminar le agregamos un botón de stop o parara del sistema



Ilustración 61 botón de stop

El diagrama de bloques completo quedara como en la ilustración 62

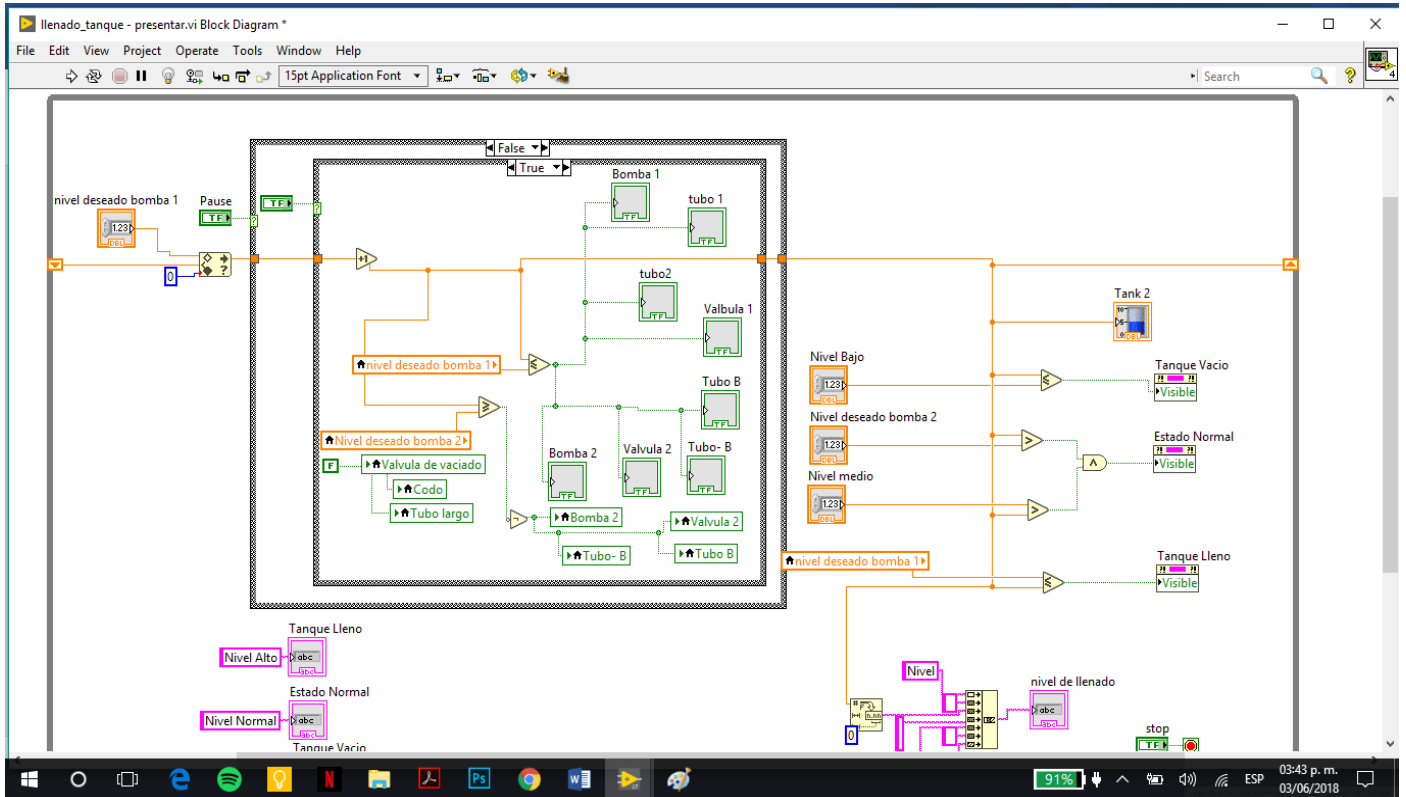


Ilustración 62 diseño del diagrama de bloque

En la simulación del diseño agregamos los valores a los que queremos trabajar, por ejemplo, en el nivel de deseado de la bomba 1 quiero que llega a los 900 litros, mi nivel bajo va a hacer 300 litros y mi nivel medio seria 600 litros; Con una velocidad de simulación de 25 (ms).

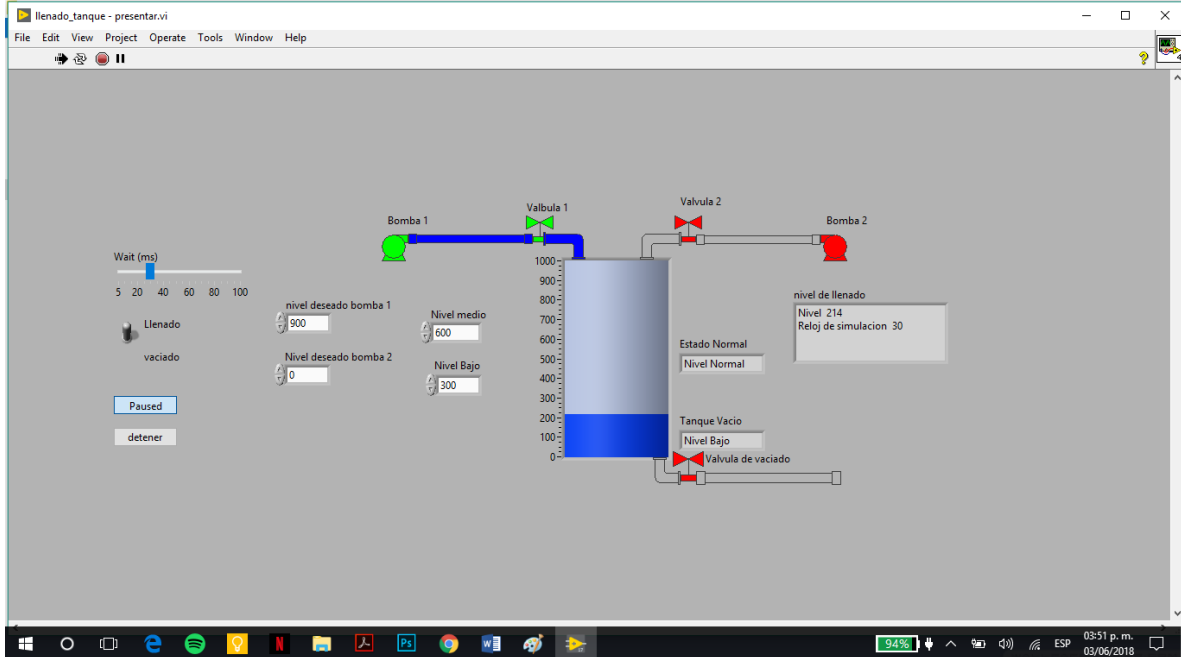


Ilustración 64 llenado del depósito nivel bajo

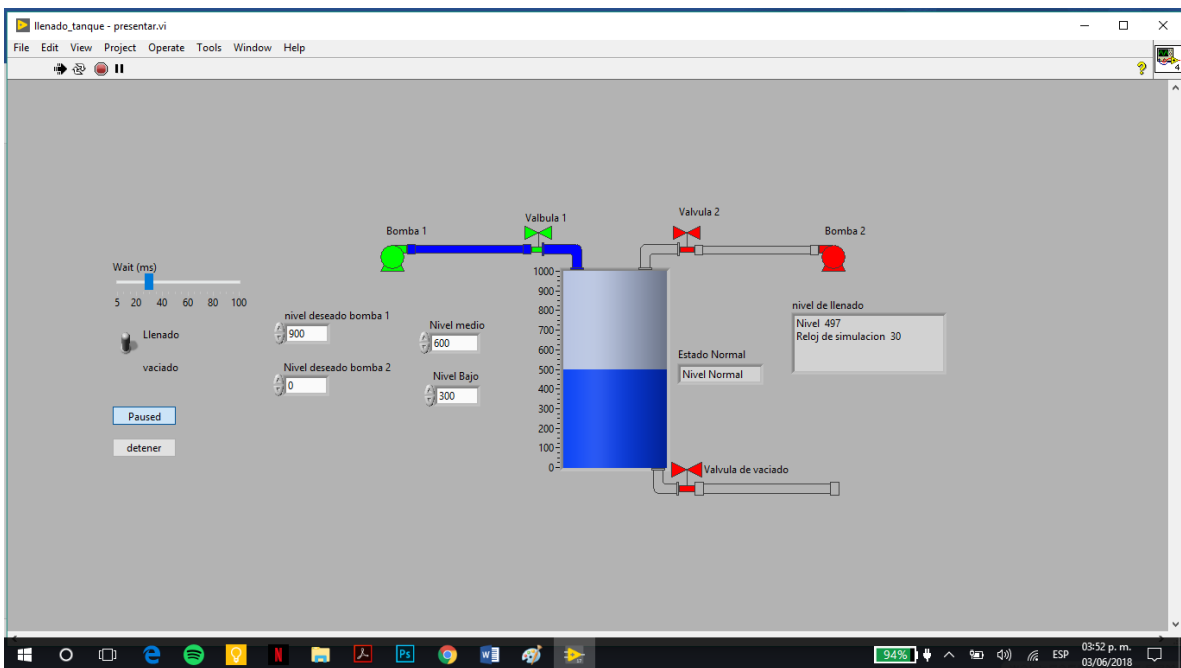


Ilustración 63 llenado del depósito nivel medio

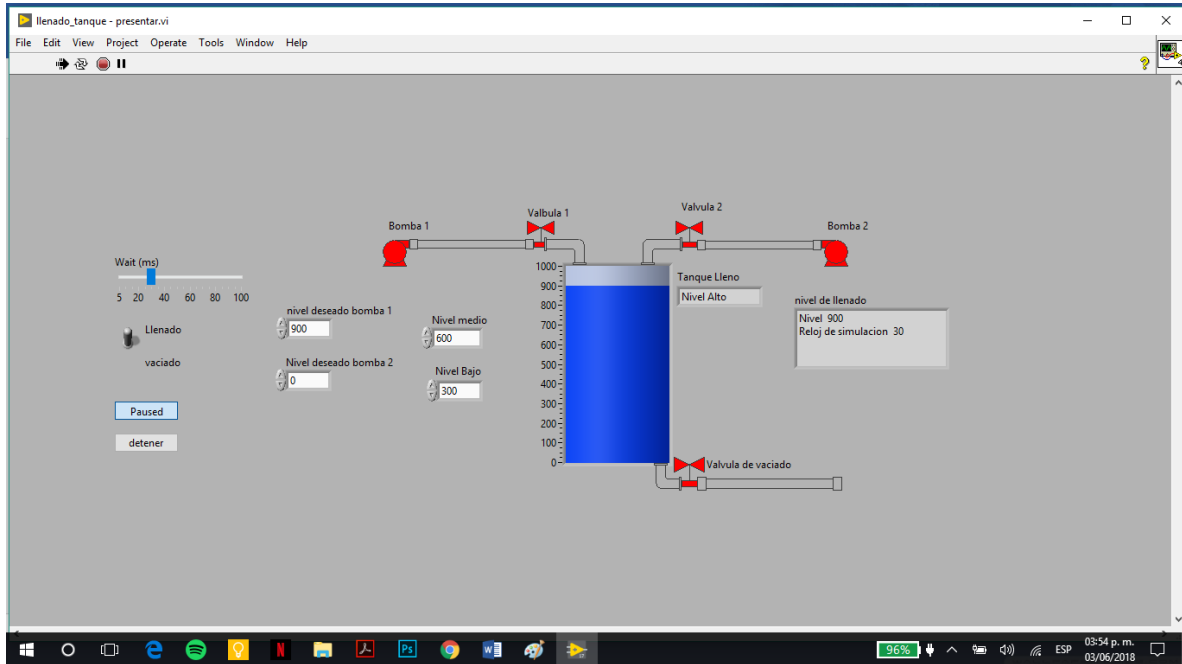


Ilustración 65 Llenado del depósito nivel alto

Al oprimir el botón de vaciado se abre la válvula lo cual el fluido se va a dirigir algún otro depósito

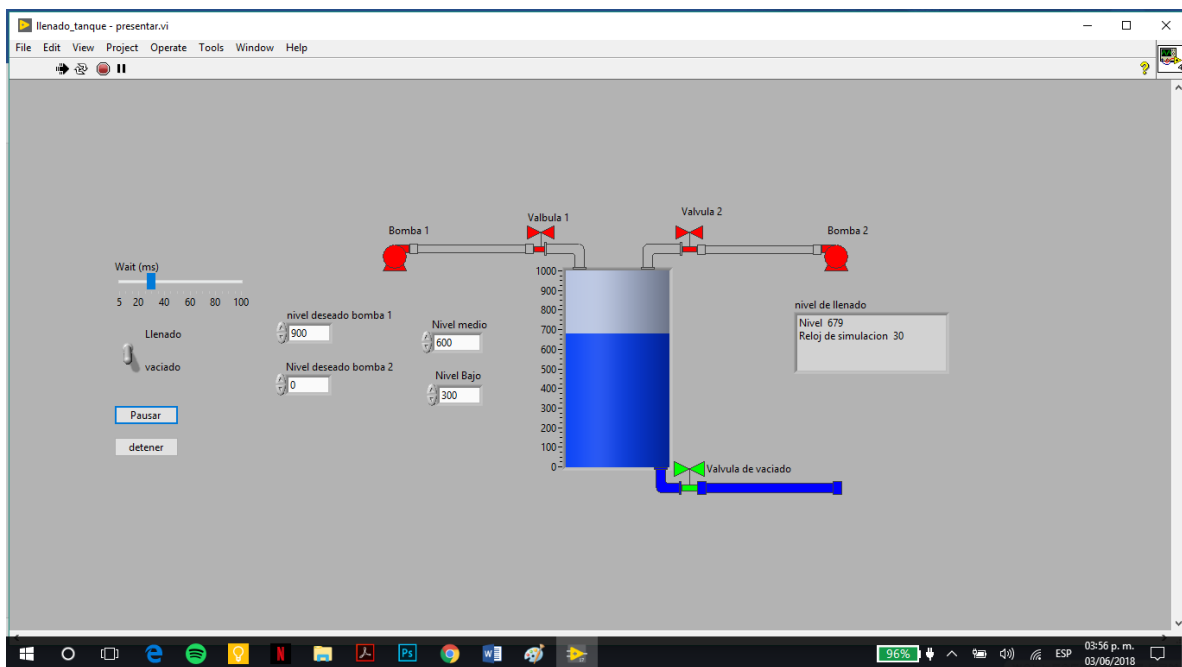


Ilustración 66 vaciando el depósito

Por otro lado, si requiero que la bomba 1 trabaje hasta los 1000 litros y que la bomba 2 llegue hasta 500 litros serían las siguientes ilustraciones.

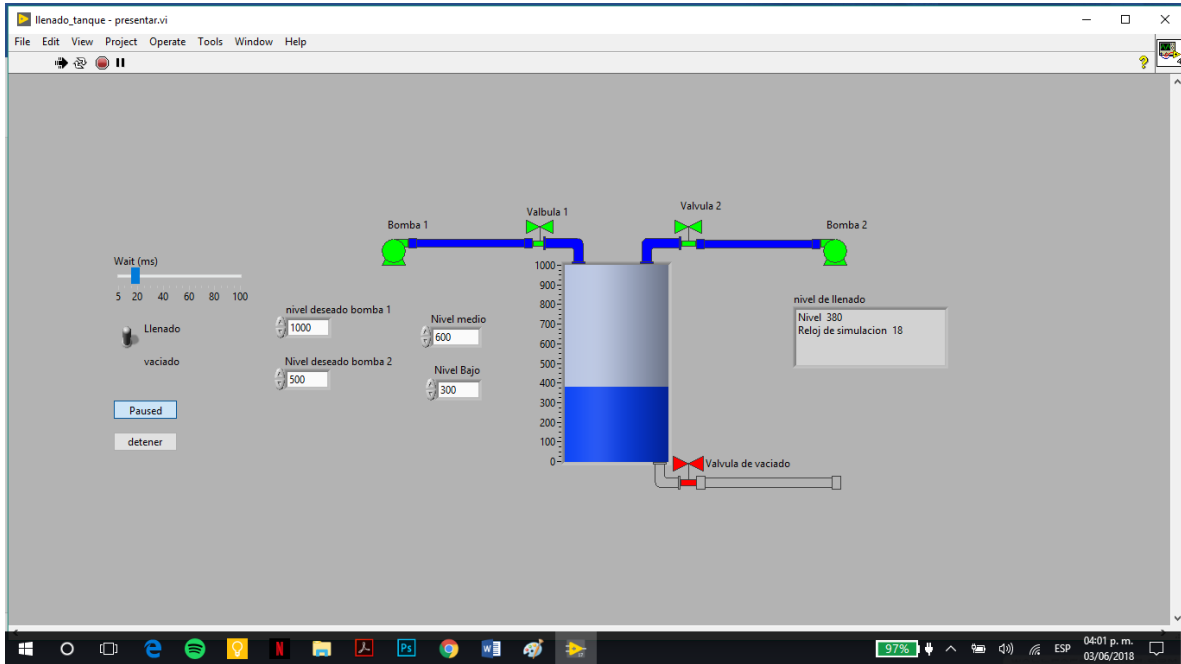


Ilustración 67 llenado del Dep. trabajando con 2 bombas

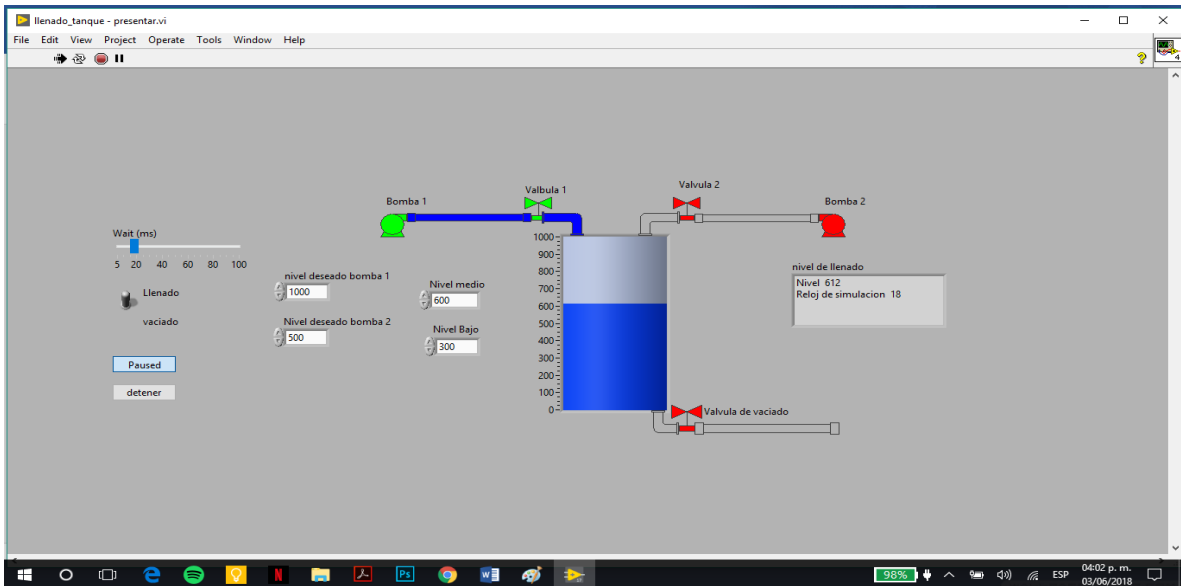


Ilustración 68 llenado del depósito cuando la bomba se detiene

4.2. DISEÑO DEL LLENADO Y VACIADO DE UN DEPÓSITO DE LABVIEW A ARDUINO

Abrimos LabVIEW y creamos un “Nuevo Proyecto”, ya que será necesario para poder utilizar variables compartidas y realizar el ejecutable.

En la pantalla de diagrama de iconos hacemos clip izquierdo, clip en numeric y seleccionamos tanque.

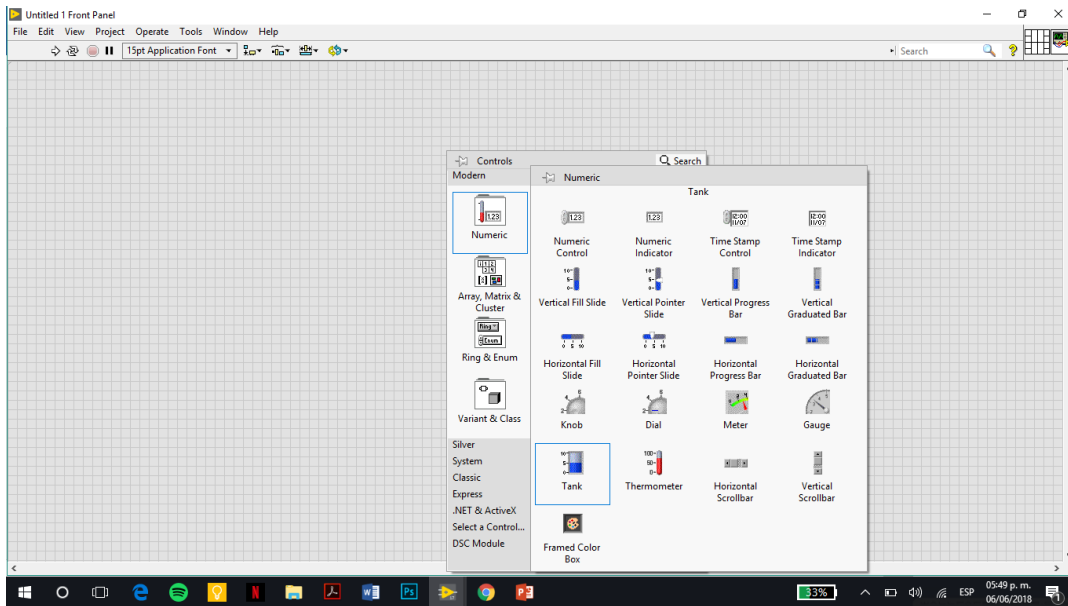


Ilustración 69 diseño II tanque

Después de seleccionar tanque, seleccionamos los indicadores de control de llenado de nivel bajo, medio y alto; Hacemos clip izquierdo, clip en boolean y seleccionamos round led.

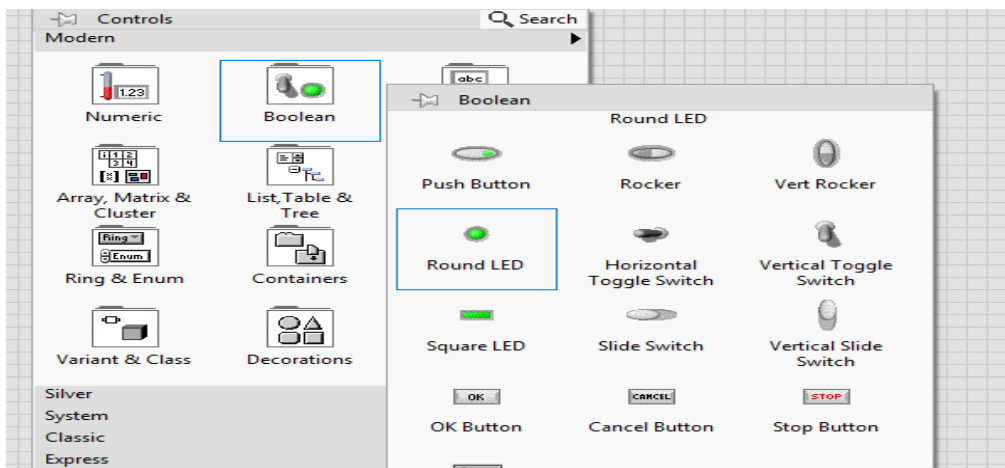


Ilustración 70 seleccionando led

Para seleccionar una conexión de Arduino a LabVIEW, hacemos click izquierdo seleccionamos instrument I/O, serial y por último visa.

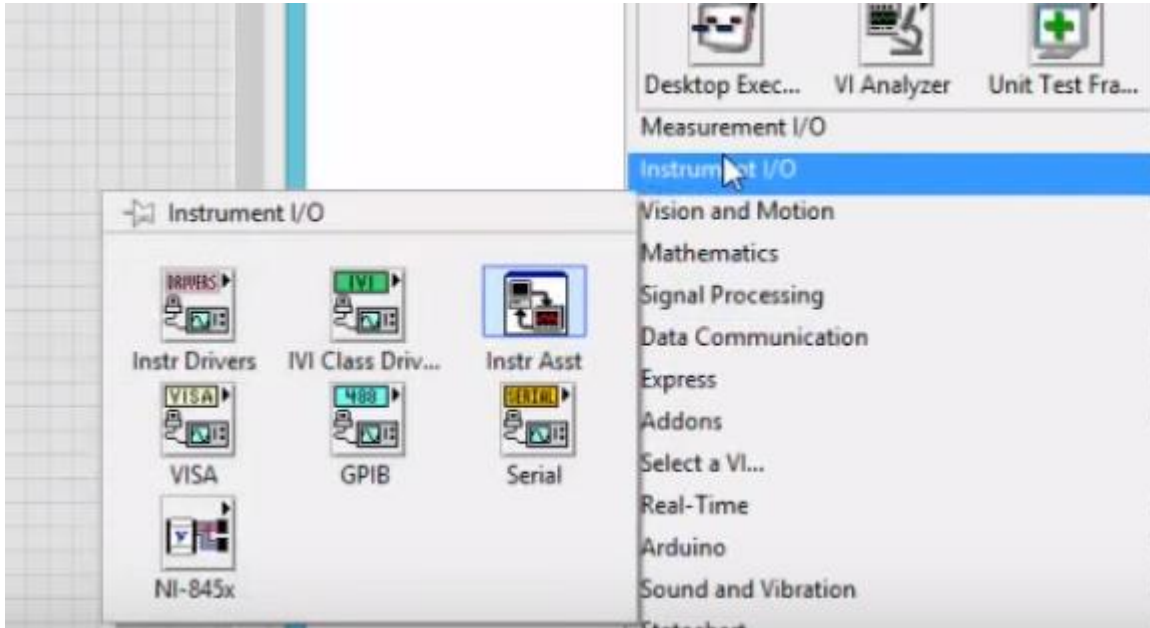


Ilustración 71 conexión LabVIEW a Arduino

Para detener la simulación click izquierdo seleccionamos boolean, y por último stop button.

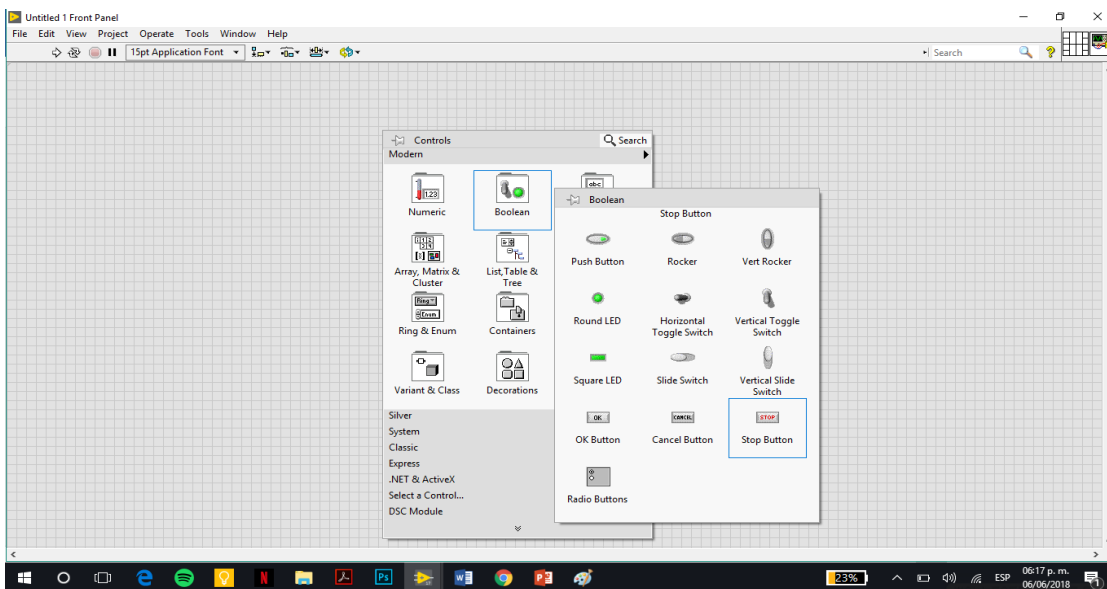


Ilustración 72 diseño II botón stop

Por último, en el diagrama de iconos para seleccionar fondos al diseño ya sea rectángulos, cuadrados o cualquier forma hacemos clip izquierdo y seleccionamos decorations y hacemos clip a cualquier forma geométrica que nosotros requerimos.

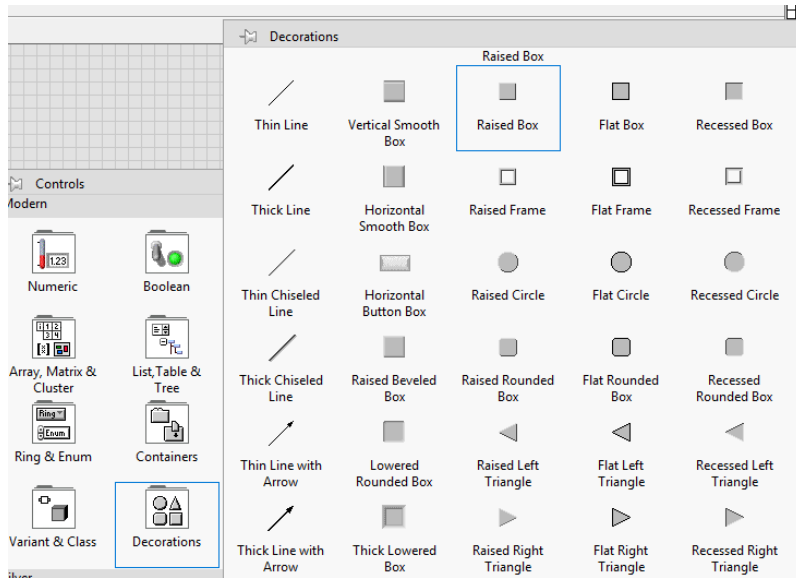


Ilustración 73 fondos al diseño

Al final nuestro diseño de llenado y vaciado de un depósito en el diagrama de iconos quedara de la siguiente manera.

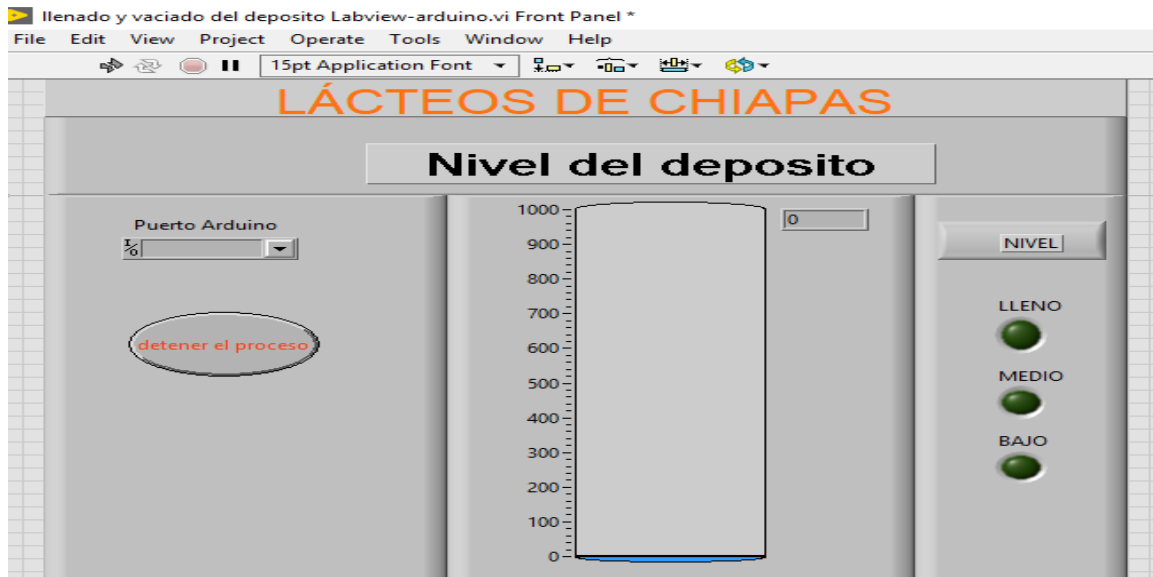


Ilustración 74 diseño LabVIEW a Arduino

Después de terminar en el diagrama de iconos nos dirigimos a diagrama de bloques hay tenemos que diseñar, conectar, para que la conexión de Arduino a LabVIEW funcione. Hacemos seleccionamos instrument I/O, serial y por último configure serial port. Después que tengamos en icono clip izquierdo hacemos clip en créate y por ultimo en indicador, esto hará una conexión de LabVIEW a Arduino

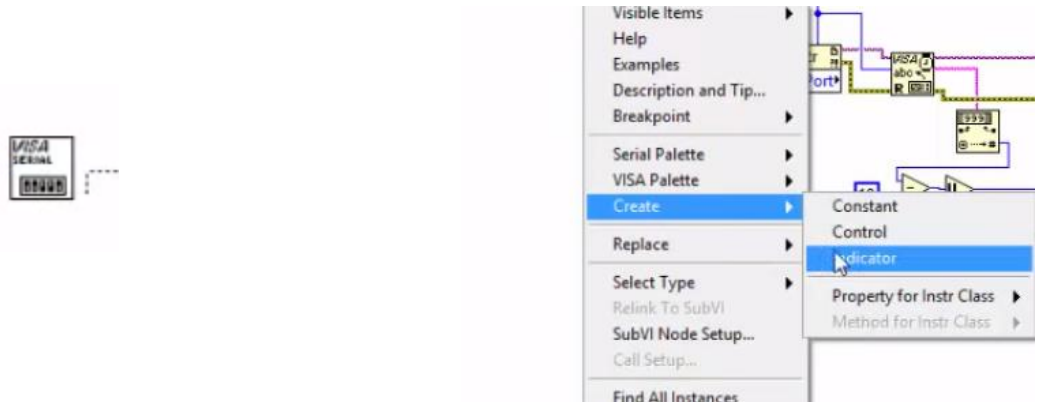
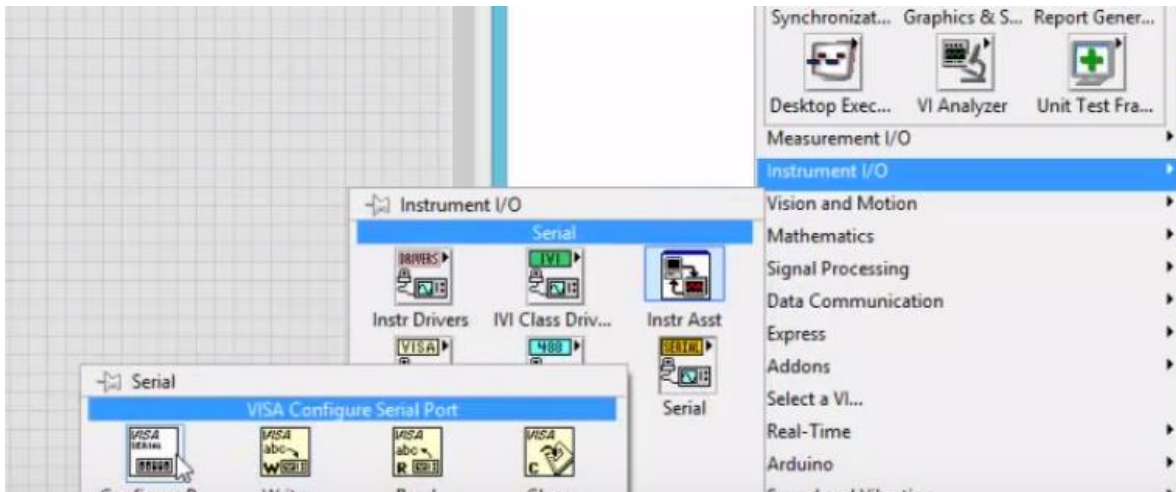


Ilustración 75 diagrama de bloque serial

Abrimos un ciclo while loop comenzamos a poner los rangos que nosotros requerimos, como nuestro deposito es de 1000 Litros, un rango menor o igual a 200 es nivel bajo, nivel medio mayor a 200 o igual a 600, nivel alto mayor a 600 o igual a 1000.

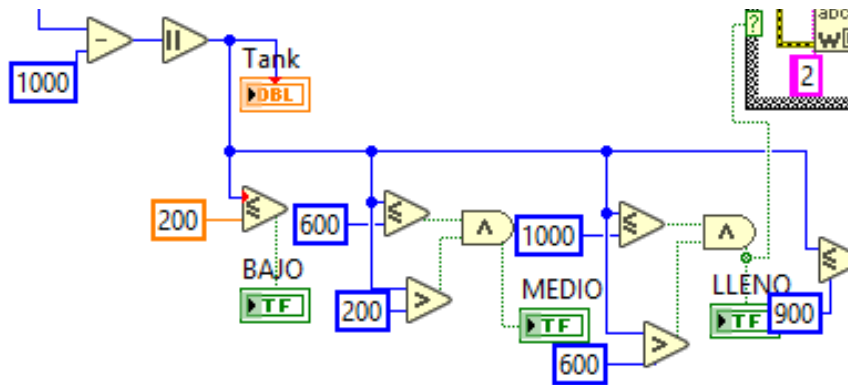


Ilustración 76 seleccionando los rangos de nivel de llenado

Luego comenzamos a conectar todo referido a la conexión de LabVIEW a Arduino.

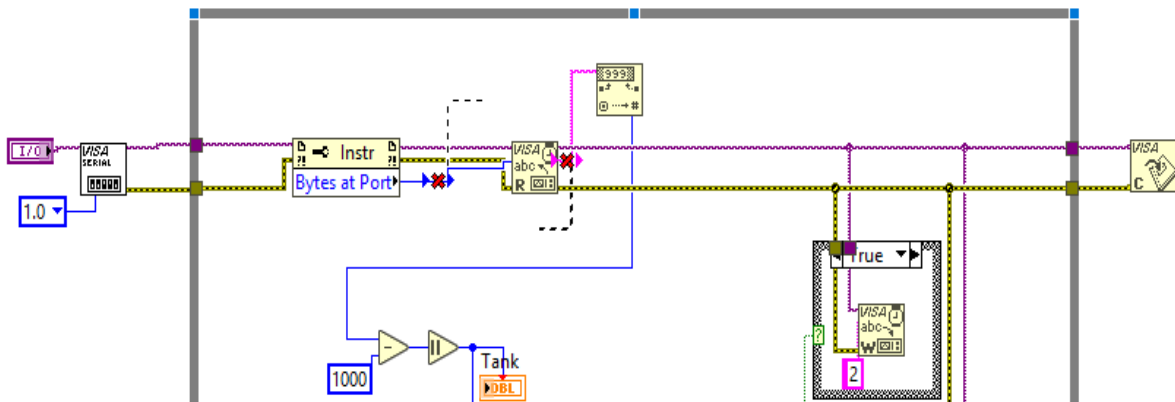


Ilustración 77 conexión todo referido de LabVIEW a Arduino

Nuestro diagrama de bloques final nos quedara de la siguiente manera.

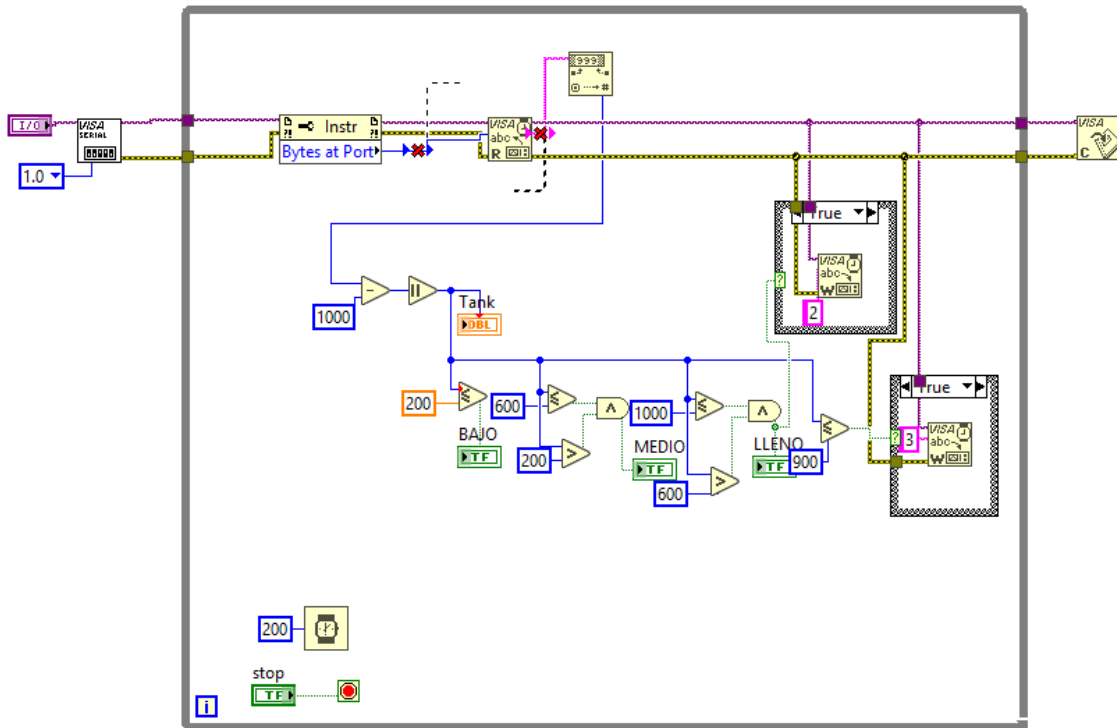


Ilustración 78 diseño II diagrama de bloques final

Simulando el diseño las siguientes ilustraciones muestran cómo se va llenando el depósito de nivel bajo, medio y lleno.



Ilustración 79 llenado del depósito nivel bajo



Ilustración 80 llenado del depósito nivel medio



Ilustración 81 llenado del depósito nivel lleno



4.2.1. PROGRAMACIÓN PARA EL CONTROL DE NIVEL DE FLUIDOS- ARDUINO

El depósito es de 1000 Litros transformando a cm es de 100 cm.

\Sensor de proximidad y al ser inferior a 100cm envía un pulso de alarma por el pin 13

HC-SR04 conexiones:

VCC al arduino 5v

GND al arduino GND

Echo al Arduino pin 6

Trig al Arduino pin 7

```
#define Pecho 6
```

```
#define Ptrig 7
```

```
long duracion, distancia;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin (9600);    // inicializa el puerto seria a 9600 baudios
```

```
  pinMode(Pecho, INPUT);  // define el pin 6 como entrada (echo)
```

```
  pinMode(Ptrig,OUTPUT ); // define el pin 7 como salida (trigger)
```

```
  pinMode(13, 1);        // Define el pin 13 como salida
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  digitalWrite(Ptrig, LOW);
```

```
  delayMicroseconds(2);
```

```
  digitalWrite(Ptrig, HIGH); // genera el pulso de trigger por 100ms
```

```
  delayMicroseconds(10);
```




```
digitalWrite(Ptrig, LOW);

duracion = pulseIn(Pecho, HIGH);
distancia = (duracion/2) / 29;      // calcula la distancia en centimetros

if (distancia <= 500 || distancia <= 0){ // si la distancia es mayor a 500cm o
menor a 0cm

  Serial.println("----");          // no mide nada
}

else {

  Serial.print(distancia);         // envia el valor de la distancia por el puerto serial
  Serial.println("cm");           // le coloca a la distancia los centimetros "cm"
  digitalWrite(13, 0);           // en bajo el pin 13
}

if (distancia <= 100 && distancia >=1 ){

  digitalWrite(13, 1);            // en alto el pin 13 si la distancia es menor a
100cm

  Serial.println("Alarma....."); // envía la palabra Alarma por el puerto serial
}

delay(400);                       // espera 400ms para que se logre ver la distancia
en la consola

}
```

4.3. LLENADO DEL DEPÓSITO MEDIANTE LÓGICA CABLEADA

Se representa el esquema eléctrico de mando y potencia de un depósito de agua, alimentado mediante una bomba. Cuenta con dos sensores, uno de nivel superior que detecta el llenado del depósito y desactiva la bomba. Y otro sensor de nivel inferior, que activa la bomba para el llenado. Se ha procedido a simular el llenado y vaciado mediante dos temporizadores de 5 y 7 segundos respectivamente.

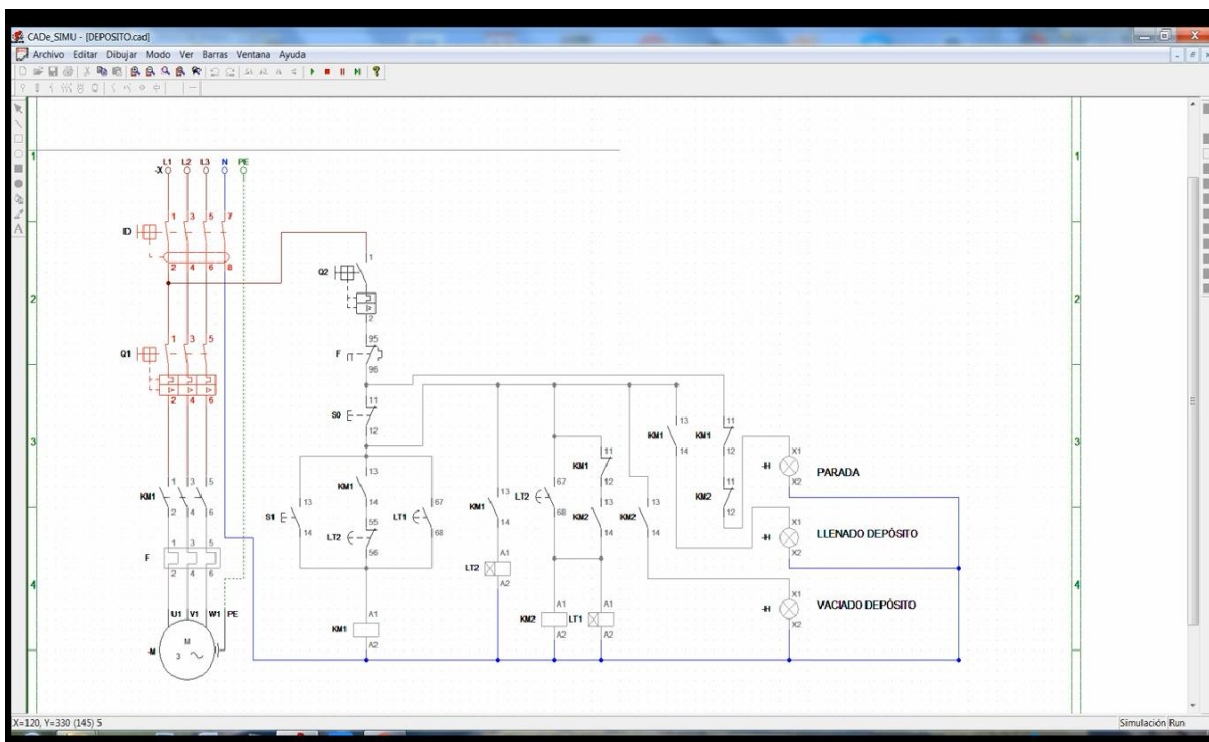


Ilustración 82 esquema eléctrico de mando y potencia de un depósito de agua

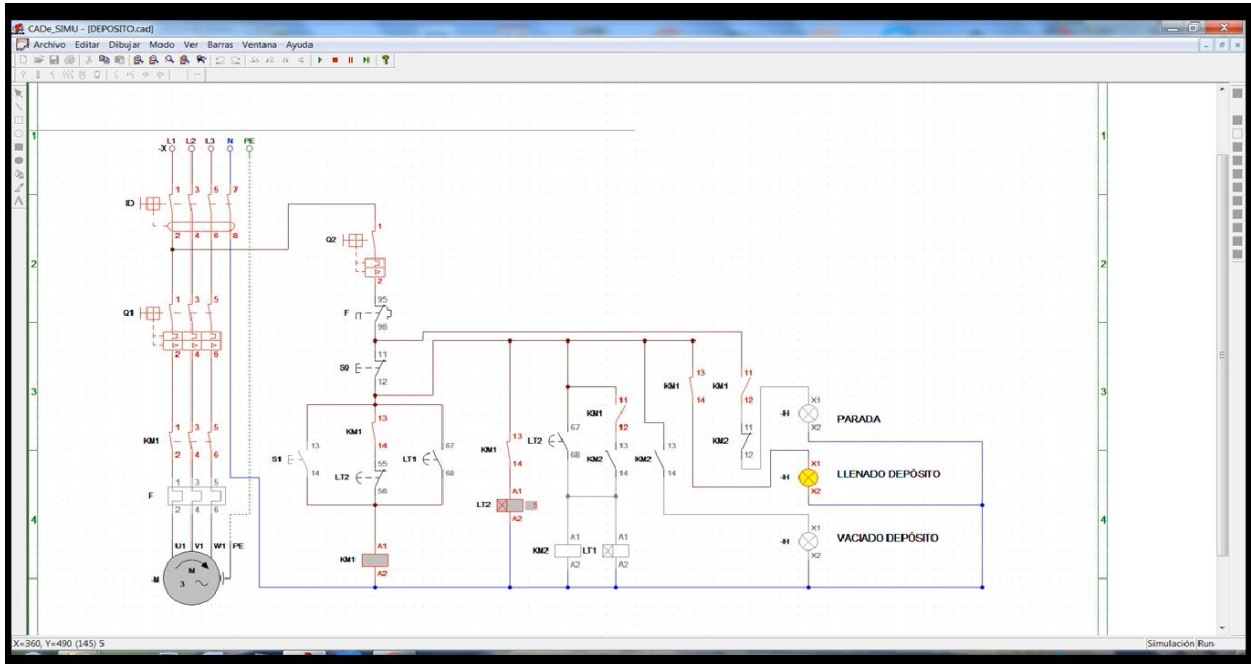


Ilustración 83 esquema eléctrico de mando y potencia de un depósito de agua llenando

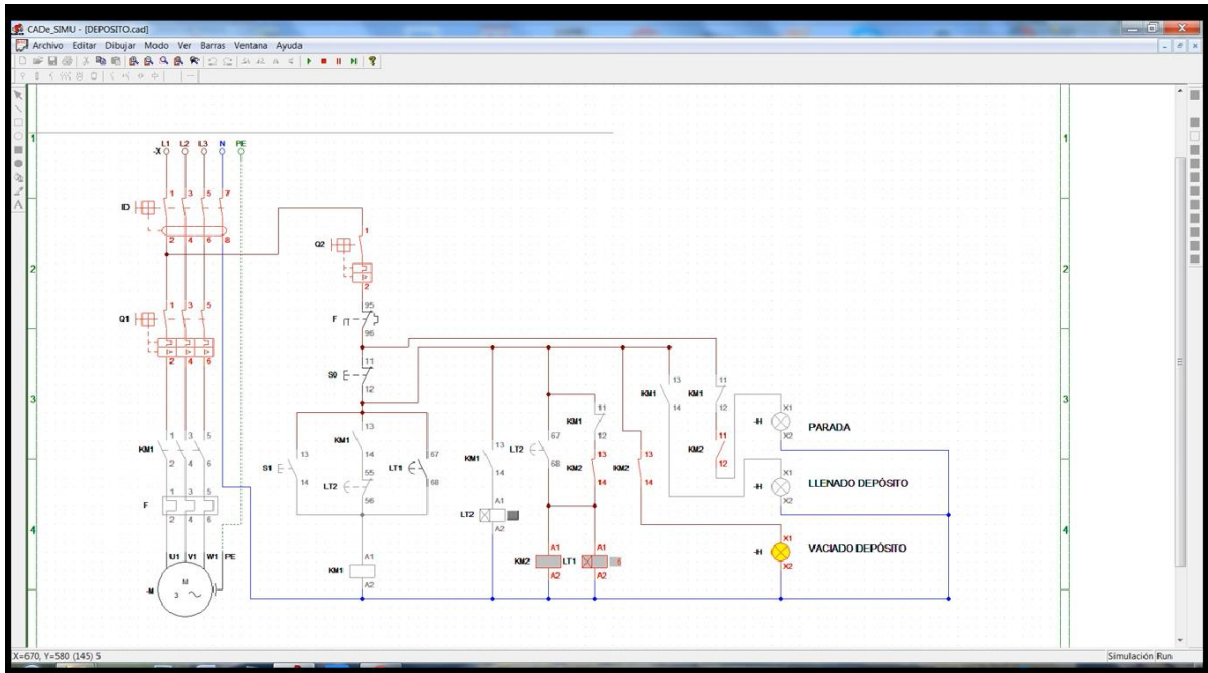


Ilustración 84 esquema eléctrico de mando y potencia de un depósito de agua vaciando

4.4. PROCESO DE CALCULO

Datos de entrada:

$$Q = 400 \text{ LPM} = 0.006667 \frac{M^3}{S}$$

Cedula 40

Diametro de succion = 2 in

Diametro de descarga = 1.5 in

$$G = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

Para encontrar la velocidad se obtiene mediante esta ecuación 1.

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

Para calcular las perdidas por tubería recta se utilizará la ecuación 1.1.

$$h_L = f \frac{L v^2}{d 2g}$$

Perdidas por accesorios se utilizará la ecuación 1.2.

$$h_a = \Sigma k \frac{v^2}{2g}$$

Para calcular el número de Reynolds con la ecuación 1.3.

$$Re = \frac{v * d}{\mu}$$

Finalmente, la pérdida de carga total se da con:

$$Hf = f_s \frac{l_s (v_s)^2}{d_s * 2 * g} + \Sigma k \frac{(v_s)^2}{2 * g} + f_d * \frac{l_d * (v_d)^2}{d_d * 2 * g} + \Sigma k \frac{(v_d)^2}{2 * g}$$



Calculo para el tramo de succión.

Datos:

Longitud del tramo.

$$L = 1.5 \text{ m}$$

Diámetro de succión.

$$D_{1ext} = 2 \text{ in}$$

$$D_{1int} = 0.052 \text{ m ver (anexo a)}$$

Por lo tanto, sustituyendo en la ecuación (1) obtenemos:

$$v_1 = \frac{4(0.006667)}{\pi(0.052)^2} = 3.139 \frac{m}{s}$$

Para encontrar la viscosidad cinemática. (Ver anexo b)

Buscando el número de Reynolds con la ecuación (1.3) utilizando la velocidad 1 obtenemos.

$$Re = \frac{v * d}{\mu}$$

$$\frac{\epsilon}{d}$$

Para encontrar la rugosidad.
(ver anexo e)

$$Re = \frac{(3.139)(0.052)}{(0.897 \times 10^{-6})} = 181.971 \times 10^3$$

$$\frac{0.0015mm}{52mm} = 0.0000288$$

Con los resultados obtenidos se utiliza la tabla de coeficiente de fricción. (Ver anexo c)

$$F = 0.016$$

Tomando la ecuación (1.1) se tiene perdidas por tubería recta:

$$h_L = 0.016 \frac{1.5}{0.052} * \frac{(3.139)^2}{2(9.81)} = 0.2317 \text{ m.c.a}$$



Para las pérdidas. (Ver anexo b)

Tipos de accesorios	Perdidas (k)
1 codo de 90	0.9
1 de tubería a depósito	0.5
Σk	1.4

Tomando la ecuación (1.2) se obtiene.

$$h_a = 1.4 \frac{(3.139)^2}{2 * (9.81)} = \mathbf{0.7030 \text{ m.c.a}}$$

Tramo 2: Tubería de descarga de la bomba.

Datos:

Longitud de descarga.

$$L = 48 \text{ m}$$

Diámetro de descarga

$$D_d = 1.5 \text{ in}$$

$$D_d = 40.9 \text{ mm} = 0.0409 \text{ m}$$

Por lo tanto, sustituyendo en la ecuación (1) obtenemos.

$$v_2 = \frac{4(0.006667)^2}{\pi(0.0409)^2} = \mathbf{5.30 \frac{m}{s}}$$

Para encontrar la viscosidad cinemática. (Ver anexo d)

Buscando el número de Reynolds con la ecuación (1.3) utilizando la velocidad 2 se obtiene.



$$Re = \frac{v * d}{\mu} \quad \frac{\epsilon}{d}$$

$$Re = \frac{(5.30)(0.0409)}{(0.897 \times 10^{-6})} = 236.343 \times 10^3$$

$$\frac{0.0015 \text{ mm}}{40.9 \text{ mm}} = 0.000037$$

Con los resultados obtenidos se utiliza la tabla de coeficiente de fricción. (Ver anexo c)

$$F = 0.015$$

Tomando la ecuación (1.1) se tiene pérdidas por tubería recta.

$$h_L = 0.015 \frac{48}{0.0409} * \frac{(5.30)^2}{2(9.81)} = 25.2036 \text{ m.c.a}$$

Para las pérdidas. (Ver anexo b)

Tipos de accesorios	Perdidas (k)
5 codo de 90	4.5
1 de tubería a deposito	0.5
1 válvula de bola	10
Σk	15

Tomando la ecuación (1.2) se obtiene.

$$h_a = 15 \frac{(5.30)^2}{2 * (9.81)} = 21.475 \text{ m.c.a}$$

Pérdidas totales de succión en metros columnas de agua (m.c.a).

$$0.2317 + 0.7030 = 0.9347 \text{ m.c.a}$$

Pérdidas totales de descarga en metros columnas de agua (m.c.a).

$$25.2036 + 21.475 = 46.6786 \text{ m.c.a}$$

Suma total de las pérdidas de descarga y succión:

$$h_T = 0.9347 + 46.6785 = \mathbf{47.6133 \text{ m.c.a}}$$

Aplicando la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{p_1}{\mu} + \frac{v_1^2}{2 * g} + Z_1 + E_a = \frac{P_2}{\mu} + \frac{V_2^2}{2 * g} + Z_2 + \text{perdidas}$$

Calculando la potencia de la bomba en kW para el sistema, si el caudal es de 4000 LPM para el agua a 30° y una presión de succión 1.5 kpa.

Calculando la eficiencia de la bomba:

$$\frac{p_1}{\mu} + \frac{v_1^2}{2 * g} + Z_1 + E_a = 0 + 0 + Z_2 + \text{perdidas}$$

Despejamos la E_a de la ecuación de Bernoulli.

$$E_a = \frac{P_1}{\delta} - \frac{V_1^2}{2 * g} - Z_1 + Z_2 + \text{perdidas}$$

Sustituimos los datos:

$$E_a = \frac{1.5 \times 10^3}{9810} - \frac{(3.139)^2}{2 * 9.81} - 1.5 + 3 + 47.6133 = \mathbf{48.964 \text{ m}}$$

Calculamos la potencia de la bomba:

$$\text{watts} = \frac{\delta * Q * E_a}{n}$$

Sustituimos los datos:

$$\text{watts} = \frac{9810 * 0.006667 * 48.964}{1} = \mathbf{3.202 \text{ kw}}$$

$$\text{potencia} = 3.202 \text{ kw} * \frac{1 \text{ hp}}{0.7457 \text{ kw}} = \mathbf{4.3 \text{ hp}}$$

Teniendo en cuenta que tenemos una bomba de 5hp, la bomba trabaja adecuadamente.

CAPÍTULO 5: Conclusión y Recomendaciones

5.1. Conclusión

Este proyecto a lo largo de toda esta investigación se logró reunir información necesaria donde demuestra que el sistema automatizado de llenado y vaciado de un depósito resulta ser efectivo en el abastecimiento de líquidos con mayor exactitud, así mismo que el operador le sea fácil manipular el sistema ingresando el número de litros que desee en el contenedor.

Y en base a lo mostrado a lo largo del desarrollo del presente informe, podemos resaltar los siguientes puntos:

- Que este tipo de proyecto puede ser aplicado en cualquier otra empresa que requiera de un sistema automatizado del llenado y vaciado de un depósito y que requiera de aumentar su producción en menor tiempo y con mayor exactitud.
- La ayuda y consejos de los asesores influyeron a concluir satisfactoriamente el trabajo realizado.
- Con la implementación de los dispositivos propuestos para este proyecto como lo son sensores de nivel, válvulas de control y su caracterización automática, se garantiza que no habrá despilfarro de jugo en la planta.
- El uso de las herramientas de diseño del software LabVIEW sistema scada, facilitó el buen desarrollo de las piezas mostradas en el apartado de resultados

5.2. Recomendación

- Para censar niveles de líquido se recomienda utilizar un sensor de mayor jerarquía, estos sensores pueden ser: sensor de presión, sensor de boya, sensor de radar, ellos tienen características importantes como es la precisión de los datos de los niveles de altura, pero se requiere de una inversión considerable.
- Se recomienda el uso de dispositivos de hardware especializados como son los PLC (Controladores lógicos Programables), estos dispositivos pueden mejorar la adquisición de datos, puesto que en su arquitectura ellos manejan los datos en tiempo real y son aparatos exclusivamente dedicados, pero todo bajo su entorno de programación.
- Al realizar diseños de cualquier índole es importante prestar atención a los pequeños detalles, ya que en ocasiones son estos los que nos dan mayor problema.

Anexos

ANEXO (a) Catalogo de tubería de PVC hidráulico.

TUBERÍA DE PVC CÉDULA 40

FUNCIONAMIENTO Y DURABILIDAD GARANTIZADOS

EMMSA se esfuerza constantemente en ofrecer la más alta calidad en todos sus productos, y en este constante esfuerzo, procuramos proporcionar a nuestros clientes respuestas prácticas y efectivas a cada una de sus necesidades. Por ello, ofrecemos nuestra tubería de PVC Cédula 40.

La tubería de PVC Cédula 40 se fabrica de acuerdo a ASTM D1785 en diámetros de 3/4" hasta 16" y se suministra con un extremo con boquilla para cementar, ahorrándose así un cople para su instalación. La longitud suministrada es de 6.0 metros y viene en color blanco, con lo cual se puede asegurar su fabricación con materia prima de primera calidad.

La tubería Cédula 40 cuenta además con la aprobación de NSF 61 (National Sanitation Foundation) para su aplicación en agua potable incluso en presencia de pH menores a 5. Por lo anterior la tubería Cédula 40 no se oxida ni se corroe, garantizando así un sistema de alto rendimiento a través del tiempo y con un mínimo mantenimiento.

EMPRESA MEXICANA DE MANUFACTURAS, S.A. DE C.V.

OFICINAS GENERALES
 Priv. San Ignacio No. 105
 Cal. Santa María
 Monterrey, N.L., México 64650
 Tel. (81) 8153-0010
 Fax: (81) 8153-0005
 e)lgemmsa.com.mx

SUCURSALES

- MONTERREY
- GUADALAJARA
- MÉXICO
- LEÓN
- HERMOSILLO
- MÉRIDA
- CD. JUÁREZ
- VERACRUZ
- TULUANA
- CULIACÁN
- CANCÚN
- LOS CABOS
- MÉXICO NORTE
- TAMPICO
- MORELIA
- AGUASCALIENTES
- MONTERREY NORTE
- CHIHUAHUA
- ACAPULCO
- TUXTLA GUTIÉRREZ
- PUERTO VALLARTA
- TORREÓN
- PUEBLA
- LOS MOCHES
- QUERÉTARO

CERTIFICADO POR

APLICACIONES:
 Ideal para aplicaciones Semi-Industriales, Riego Residencial y de Invernaderos, Albercas, Parques Acuáticos, Hidromasajes, Procesos Químicos, Plantas de Tratamiento, entre otras.

PRECAUCIÓN

No se recomienda el uso de tuberías de PVC en sistemas de conducción y/o almacenamiento de aire o gas. Tampoco se recomienda llevar a cabo la prueba de hermeticidad del sistema con aire o cualquier tipo de gas comprimido, ya que puede generarse una sobre-presión excesiva y causar fallas explosivas que pueden dañar al personal.

EMMSA
Sistemas de Tubería

ANEXO (b) Tabla de densidad relativa y viscosidad cinemática de algunos líquidos.

(Viscosidad cinemática = valor de la tabla · 10⁻⁶)

Temp (° C)	Agua**		Disolvente comercial		Tetracloruro de carbono		Aceite lubricante medio	
	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)
5	1,000	1,520	0,728	1,476	1,620	0,763	0,905	471
10	1,000	1,308	0,725	1,376	1,608	0,696	0,900	260
15	0,999	1,142	0,721	1,301	1,595	0,655	0,896	186
20	0,998	1,007	0,718	1,189	1,584	0,612	0,893	122
25	0,997	0,897	0,714	1,101	1,572	0,572	0,890	92
30	0,995	0,804	0,710	1,049	1,558	0,531	0,886	71
35	0,993	0,727	0,706	0,984	1,544	0,504	0,883	54,9
40	0,991	0,661	0,703	0,932	1,522	0,482	0,875	39,4
50	0,990	0,556					0,866	25,7
65	0,980	0,442					0,865	15,4

Temp (° C)	Aceite a prueba de polvo*		Fuel-oil medio*		Fuel-oil pesado*		Gasolina*	
	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)
5	0,917	72,9	0,865	6,01	0,918	400	0,737	0,749
10	0,913	52,4	0,861	5,16	0,915	290	0,733	0,710
15	0,910	39,0	0,857	4,47	0,912	201	0,729	0,683
20	0,906	29,7	0,855	3,94	0,909	156	0,725	0,648
25	0,903	23,1	0,852	3,44	0,906	118	0,721	0,625
30	0,900	18,5	0,849	3,11	0,904	89	0,717	0,595
35	0,897	15,2	0,846	2,77	0,901	67,9	0,713	0,570
40	0,893	12,9	0,842	2,39	0,898	52,8	0,709	0,545

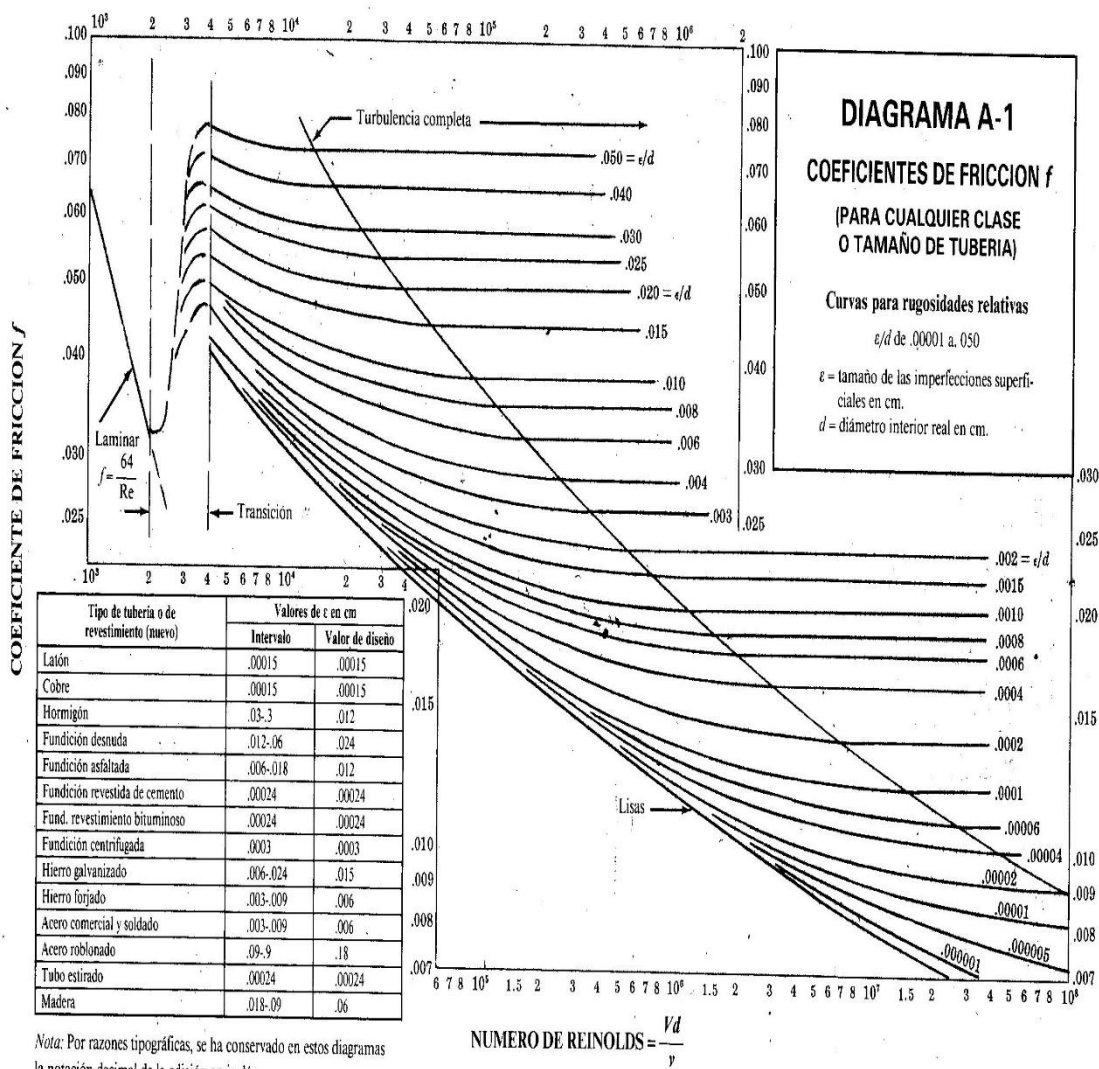
Algunos otros líquidos

Líquido y temperatura	Densid. relat.	Visc. cinem. (m ² /s)
Turpentina a 20° C	0,862	1,73
Aceite de linaza a 30° C	0,925	35,9
Alcohol etílico a 20° C	0,789	1,53
Benceno a 20° C	0,879	0,745
Glicerina a 20° C	1,262	661
Aceite de castor a 20° C	0,960	1.031
Aceite ligero de máq. a 16,5° C	0,907	137

* Kessler y Lenz, Universidad de Wisconsin, Madison.

** ASCE Manual 25.

ANEXO (c) Diagrama para encontrar coeficientes de fricción de Darcy-Weisbach.



Nota: Por razones tipográficas, se ha conservado en estos diagramas la notación decimal de la edición en inglés.

ANEXO (d) Tabla de valores de pérdidas para los accesorios en las tuberías.

Accesorios	K
Válvula de globo completamente abierta	10.0
Válvula de ángulo completamente abierta	5.0
Válvula de retención de columpio abierta	2.5
Válvula de compuerta abierta	0.19
Codo en U	2.2
Conexión en T estándar	1.8
Codo estándar	0.9
Codo de radio medio	0.75
Codo de radio largo	0.60
Codo de 45 grados	0.45
Válvula de control abierta	3.0
De depósito a tubería a ras	0.50
De tubería a depósito (pérdida a la salida)	1.00

ANEXO (e) Tabla de rugosidad absoluta de materiales.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

ANEXO (f) Catalogo de sensores de nivel ultrasónico.

NIVELIU

EasyTREK – THE COST SAVER FOR LIQUIDS METERING

EasyTREK is a rugged, high performance ultrasonic level measurement transmitter, having transmitter and processing electronics incorporated in one single housing.

EasyTREK SAVES COSTS – EasyTREK is a new, low cost transmitter unit from Nivelo, it has all the sophisticated echo detection features of the well accepted EchoTREK measurement systems, packaged into the 2 or 4 wire EasyTREK sense housing.

For single tank applications the 4-wire version provides a simple transmitter, with a power relay set of contacts; this can be programmed using a magnetic key. For multiple tank applications 2-wire transmitters are recommended using HART multi-drop systems linked to the Nivelo MultiScan controller, or a modern plus PC. Both styles of transmitters can be programmed via HART.

LIQUID MEASUREMENT – whether for liquid level measurement in tanks or trucks, for tank contents measurement, or open channel flow measurement, EasyTREK transmitters provide the answer. All EasyTREK transmitters use the same processing electronics and connection cables, the transmitter itself varies only in probe design type. All 5 models are available in 2-wire and 3 models come as 4-wire versions for run and drainage (including drifting objects).

EasyTREK level transmitter for liquids	4-wire series		2-wire series		
4-wire series	–	SCD-280	–	SCD-240	SCD-240
2-wire series	SPD-280	SPD-280	SPD-240	SPD-240	SPD-240
Dimensions (mm)					
Range (m / feet)	0.3 ... 2.7 (0.95 ... 13')*	0.35 ... 4.7 (0.95 ... 15')*	0.35 ... 0 ... 1.3 (34')*	0.35 ... 1.0 (1.2 ... 30')*	0.45 ... 10.7 (3 ... 39')*
Total beam angle	6°	6°	7°	6°	6°
Allowed temperature	SR: -30 °C ... +60 °C / SC: -20 °C ... +40 °C				
Process pressure (absolute)	0.93 ... 0.3 MPa (0.3 ... 2 bar)				
Process connection	1" or 1 1/2" BSP / JPT	1" or 1 1/2" BSP / JPT	1" or 2" BSP / JPT	1" BSP / JPT	1" BSP
Mounting	Hanging RP or PVC cable ending, EPDM, cable isolation PVC				
Accuracy*	± 0.3 % of measured distance + 0.25 % of range				
Resolution (dep. on distance)	± 2 m / 1 mm ± ... 3 m / 2 mm 0 ... 10 m / 3 mm ± 18m / 10 mm				
Ingress protection	IP 65				
ATEX approval	ATEX 113 D 05Ex r II B 14 (available for 2-wire SP series only)				
Outputs	2-wire: Standard 4-20 mA +HART, max. 500 ohm, Relay (SPDT 30 V DC / 1 A DC) 4-wire: Standard 4-20 mA +HART, max. 500 ohm, Relay (SPDT), Output: HART 85400 (instead of 4-20 mA)				
Power supply	2-wire: 11.8 ... 34 V DC / 48 ... 800 W 4-wire: 11.4 ... 48 V DC / 3.6 W 13.4 ... 28 V AC / 4 VA				
Connecting cable	2-wire: 1/2" type 2 x 0.5 mm ² shielded cable, Ø 5 mm, standard length 3 m (can be ordered max. 30 m)				
4-wire cable	1/2" type 6 x 0.5 mm ² shielded cable, Ø 7.5 mm, standard length 3 m (can be ordered max. 30 m)				

* Under optimal circumstances of reflection and stabilized transmitter temperature

Technical features: All the Nivelo experience over many years of design and manufacture of over 50,000 ultrasonic sensors is built in to the EasyTREK. This includes the narrow beam angle, Softonic technique plus echo transducer, and QUIST + software, using process adaptive signal processing, temperature compensation and secondary lighting protection. The physical appearance of the 4-wire and 2-wire sensors with the same frequency is the same: all are positioned above the liquid surface to be measured.

Programming the 4-wire unit via magnetic key:

- Set level for 4mA output
- Set level for 20mA output
- Error indicator output current value
- Power relay switch point
- Damping
- Narrow beam angle

Programming the 4-wire EasyTREK via the magnetic key.

Programmable features via HART communication:

- All features listed available via the magnetic key
- Relay functions (differential, fail pulse etc)
- Measurement configuration (Units, function, blanking, range)
- Inverter/beam operation (Damping, tracking speed, ignoring blank etc)
- Tank contents profiles: 1 & different shapes
- Open Channel Flow Metering: 21 different profiles
- 32 point transmitter
- Interlocks/diagnostics (Echo map and signal test)

95



Bibliografía

Maltarollo, Y. (9 de enero del 2014). ¿Cómo funcionan las electroválvulas o válvulas solenoides de uso general? <http://www.altecdust.com/blog/item/32-como-funcionan-las-electrovalvulas-valvulas-solenoides-de-uso-general>

Antonio U. C. (marzo del 2015). Diseño e implementación de un prototipo de un sistema de automatización de llenado y distribución de botellas. Guayaquil

Cadena, C. X. (2006). Diseño y construcción de un sistema inteligente de control de presión, nivel, temperatura y flujo en un sistema de agua de uso doméstico. Latacunga.
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4033/1/T-ESPEL-0145.pdf>

Díaz, H. A. (2013). Automatización Medio Ambiental. Lima
<http://www.liceus.com/cgi-bin/ac/pu/AutomatizacionMedioambiental.pdf>

Igor K. (1989). Bombas Centrifugas. México: CECOSA.

Mott R. (2006). Mecánica de Fluidos. Pearson.

Quiñones, C. (2010). LabVIEW y la instrumentación virtual aplicados.

Tyler H. (1976). Bombas, selección y aplicación. México: Continental.

Wheat, D. (2011). Arduino internals.

Jiménez Builes, J. A. (02 de junio de 2008). Sistema Doble Umbral para el Incremento de la Directividad en un Sensor Ultrasónico