

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Diseño de Control de Flujo para el Proceso de Inyección de
Químico Reductor de Fricción a Productos Limpios Derivados del
Petróleo.

EXAMEN COMPLEXIVO, COMPONENTE PRÁCTICO
INFORME PROFESIONAL

Previo a la obtención del Título de:

MAGISTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
INDUSTRIAL

WENDY JOHANNA NARANJO ROSALES

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2023

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme la oportunidad de vida y darme fortalezas en cada momento.

A mis padres quienes siempre están presentes incondicionalmente en cada etapa de mi vida, y son quienes me inspiran a seguir siempre adelante.

Al Ing. Johnson Soto R. quien lidero al equipo de trabajo de esta implementación, sin su valioso aporte técnico, no se hubiera alcanzado esta gran meta.

A mis hermanos, por contar siempre con su apoyo y ejemplo, en cada meta propuesta.

A mis profesores por las enseñanzas compartidas, durante todos estos años, en los cuales me fui formando técnicamente en la ESPOL.

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a:

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS

COMITÉ DE EVALUACIÓN

PhD. Efrén Herrera M.
Miembro Principal

PhD. Dennys Paillacho C.
Miembro Principal

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Informe Profesional, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Wendy Naranjo Rosales

RESUMEN

Por un Poliducto circulan diferentes productos como: gasolina base, gasolina extra, diésel Premium, diésel oíl, jet fuel, destilado, está formado por una estación de bombeo, en la cual están instalados grupos de bombeo, estaciones repetidoras y una estación reductora, que permite la recepción de productos limpios derivados del petróleo.

Las operaciones de bombeo alcanzan 420 bph, aproximadamente 10080 barriles por día, pero la demanda suele alcanzar por sobre los 17000 barriles por día, ante este problema, se requiere incrementar el caudal enviado.

Para elevar el caudal de bombeo, es necesario implementar una solución, que sea capaz de inyectar químico a la tubería del poliducto, controlar su caudal de inyección de químico de forma automática, incluir seguridades para protección de los equipos ante fallas.

Para el control de inyección de químico, se realizó el diseño de lazo de flujo con un controlador universal de lazo cerrado, que permitió la dosificación del químico, de forma automática a la línea de combustible, al inyectarse el químico, el flujo de combustible empieza a convertirse en régimen laminar, reduciendo la fricción, presión de salida, incrementando el valor de caudal de barril/hora.

Durante las pruebas de arranque y puesta en marcha, se obtuvo diferentes valores de caudal con diferentes dosificaciones, con estos resultados, se realiza un análisis porcentual de aumento de caudal, su impacto económico, cumplimiento de demanda, reducción de gasto por costos de transporte vía terrestre, y disminución de tiempo de las operaciones de bombeo, tanto en las estaciones de trabajo.

INTRODUCCIÓN

Un Poliducto está formado por una estación de bombeo, en la cual están instalados grupos de bombeo, tubería de línea, donde circulan diferentes productos como: gasolina base, gasolina extra, diésel Premium, diésel oíl, jet fuel, destilado, estaciones repetidoras, y una estación reductora para la recepción de productos limpios derivados del petróleo.

El poliducto del presente informe, cuenta con una extensión de 172 km y tubería de 6 pulgadas, caudal promedio de 420 bph, el bombeo de combustible se realiza de forma ininterrumpida los 365 días del año, las 24 horas, para mantener un stock suficiente el Terminal destino, no cuenta con estación repetidora.

Las operaciones de bombeo alcanzan aproximadamente 10080 barriles por día, pero la demanda varía y está cerca de los 17000 barriles por día, por lo cual se requiere incrementar el volumen enviado, existen dos alternativas para alcanzar este valor.

1. Estación Repetidora.
2. Acelerar el movimiento del producto

Para ejecutar la primera opción se debe realizar estudios de diseño, estudios de suelos, permisos de funcionamiento, tiempo de ejecución, implica gran inversión económica, finalmente la recuperación de sus costos es a largo plazo.

La segunda opción, involucra inyectar un polímero de peso molecular de alta disolución rápida que ofrece un alto nivel de reducción de la fricción de la tubería, el cual permite reducir la fricción, reducir la presión, la inyección debe ser de modo automático.

El Capítulo I, es basado en la segunda opción, donde se utiliza un controlador universal de lazo cerrado, para la inyección de un polímero reductor de fricción, también se requiere de otros elementos como instrumentación de campo, bomba de recirculación, bomba de inyección, los cuales permiten dosificar el químico en ppm,

en cantidades controladas y de forma automática a la tubería de transporte de hidrocarburos.

En el Capítulo 2, se realiza un análisis de los resultados obtenidos con la implementación del sistema como:

- Costo beneficio.
- Tiempo de recuperación de la inversión.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACION	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	vii

CAPITULO 1

1. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA	1
1.1 Componentes del proceso	1
1.1.1 Bomba de recirculación.....	3
1.1.2 Bomba de inyección	3
1.1.3 Medidor de flujo	4
1.1.4 Controlador de lazo	5
1.2 Funcionamiento del sistema	6

CAPITULO 2

2. RESULTADOS OBTENIDOS	12
2.1 Evaluación del comportamiento hidráulico del sistema inyector a diferentes dosificaciones	12
2.2 Incremento de volumen bombeado	16
2.3 Análisis Económico	18

2.4 Reducción horas operativas	20
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	21
BIBLIOGRAFÍA	23

INDICE FIGURAS

CAPITULO 1

Figura 1.1 Tanque del químico	1
Figura 1.2. Equipos para la inyección del químico. Vista frontal	2
Figura 1.3. Equipos para la inyección del químico. Vista posterior	2
Figura 1.4. Grupo (motor-bomba) de recirculación	3
Figura 1.5. Bomba de inyección	4
Figura 1.6. Medidor de flujo Tipo Coriolis	5
Figura 1.7. Transmisor remoto de flujo	5
Figura 1.8. Controlador universal	6
Figura 1.9 Estación de Bombeo	7
Figura 1.10 Lazo de control de flujo	8
Figura 1.11 Pantalla proceso	9
Figura 1.12. Tubería de poliducto y de inyección de químico.	10

CAPITULO 2

Figura 2.1 Curva de caudal	14
Figura 2.2 Curva Presiones	14
Figura 2.3 Optimización del caudal total	15
Figura 2.4 Curva de inyección del químico	15
Figura 2.5 Totalizado de químico reductor	16
Figura 2.6. Volumen transportado barriles año 2018.....	17

Figura 2.7. Volumen transportado barriles año 2019.....	17
Figura 2.8. Volumen transportado barriles año 2022.....	18

INDICE TABLAS

CAPITULO 1

Tabla 1.1 Cálculos realizados con una dosificación de 20 ppm	10
--	----

CAPITULO 2

Tabla 2.1 Volúmenes bombeados	12
Tabla 2.2 Parámetros iniciales para la dosificación	13
Tabla 2.3 valores Obtenidos	13
Tabla 2.4. Tabla de costo por transporte de combustible	19
Tabla 2.5 Costos de Transporte	19
Tabla 2.6. Valores caudales incrementado	19

CAPÍTULO # 1

1. SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.

1.1 Componentes del proceso.

Para elevar el caudal de bombeo es necesario implementar una solución, de tal forma que se inyecte un químico a la tubería de un poliducto, y controlar su caudal de inyección de químico de forma automática, incluir seguridades ante fallas, para protección de los equipos.

La inyección del químico se realiza desde un tanque de 260 galones, el cual es inyectado a la tubería de combustible y consumido según la demanda del Terminal destino de productos limpios, como puede observarse en la figura 1.1.



Figura 1.1 Tanque del químico.

Para realizar el proceso de inyección, también es necesario considerar como principales elementos:

- Grupo de recirculación.

- Grupo de inyección
- Instrumentación de campo

Los cuales se muestra en la figura 1.2 y 1.3



Figura 1.2. Equipos para la inyección del químico. Vista frontal



Figura 1.3. Equipos para la inyección del químico. Vista posterior.

1.1.1 Bomba de recirculación

El grupo de recirculación, tiene como función hacer la recirculación del químico, ya que el químico es espeso, y posteriormente alimentar la bomba de inyección.

La bomba de recirculación trabaja con un motor eléctrico, cuenta con un interruptor de presión el cual está ajustado a 50 psi, si la presión se eleva por este valor, se desconectará la recirculación del producto, el grupo de recirculación es mostrado en la figura 1.4.

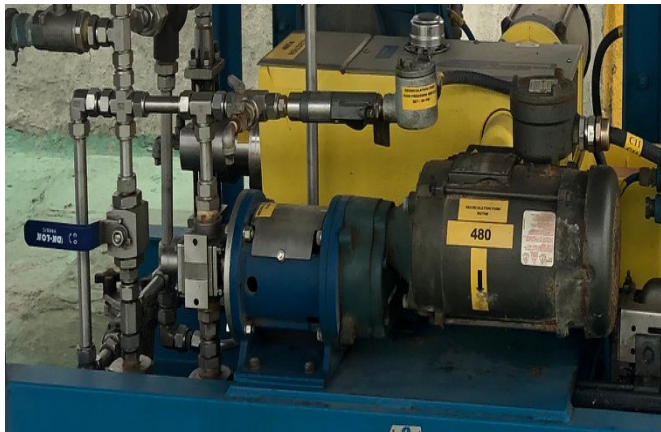


Figura 1.4. Grupo (motor-bomba) de recirculación.

1.1.2 Bomba de inyección

La bomba de inyección, es de desplazamiento positivo, maneja altas presiones para dosificación de químicos. La presión de salida de poliducto es de máximo 1500 psi, por tanto, para que el químico ingrese a la línea del poliducto debe ser mayor, la presión de inyección es de 2000 psi. La bomba está conectada a un motor a prueba de explosión.

Las bombas de inyección poseen un control de flujo preciso, ajuste de capacidad ajustable por control manual, actuador electrónico, permite un control flexible en el suministro de productos químicos [1]

Las bombas de Inyección cuentan con un servomotor con entrada de 4-20 mA, para controlar la inyección de acuerdo al ajuste del controlador universal, la cual es mostrada en la figura 1.5.



Figura 1.5. Bomba de inyección.

1.1.3 MEDIDOR DE FLUJO

Los medidores de Coriolis se usan típicamente en aplicaciones como control de lotes, mezcla, llenado, dosificación, transferencia de custodia. Bajo el efecto de la corriente alterna, las bobinas electromagnéticas montadas en el tubo de medición harán que dos tubos de medición paralelos vibren a una determinada frecuencia fija. Cuando la masa fluye a través de los tubos de medición, se genera la fuerza de Coriolis, lo que provoca una "flexión" o "desviación" en la parte superior de los tubos. Esta desviación se detecta como un cambio de fase entre dos sensores electrónicos montados en los tubos. El grado de cambio de fase es directamente proporcional al flujo de masa dentro de los tubos. [2]

El medidor de flujo tipo coriolis se utiliza para la medición de fluidos fuertes, como los de alta viscosidad, es el más preciso y con mejor velocidad de medición, como en este caso la figura 1.6.



Figura 1.6. Medidor de flujo Tipo Coriolis

Para la visualización se utiliza un transmisor remoto donde se puede observar: Densidad, Flujo másico, Flujo volumétrico, Volumen inyectado, y Temperatura, como muestra la figura 1.7.



Figura 1.7. Transmisor remoto de flujo de Coriolis

1.1.4 CONTROLADOR DE LAZO

El Controlador universal, es mostrado, utiliza un lazo de control cerrado, para ajustar el valor del volumen deseado del químico reductor de fricción, en la pantalla del controlador se visualizan los siguientes parámetros.

PV: es la variable de proceso, entrada análoga el volumen químico inyectado gph.

SP: Es el valor del volumen del químico deseado, en gph.

OP: señal de salida análoga, es el porcentaje de apertura del servomotor para la inyección del químico. [3]

Como se muestra en la figura 1.8



Figura 1.8. Controlador universal

1.2 Funcionamiento del sistema.

Un poliducto, el cual está formado por una Estación de bombeo, en ella se encuentran instalados grupos de bombeo, tubería de línea donde circulan diferentes productos como: gasolina base, gasolina extra, diésel Premium, diésel oíl, jet fuel, destilado, Estación de bombeo, como se muestra en la figura 1.9.

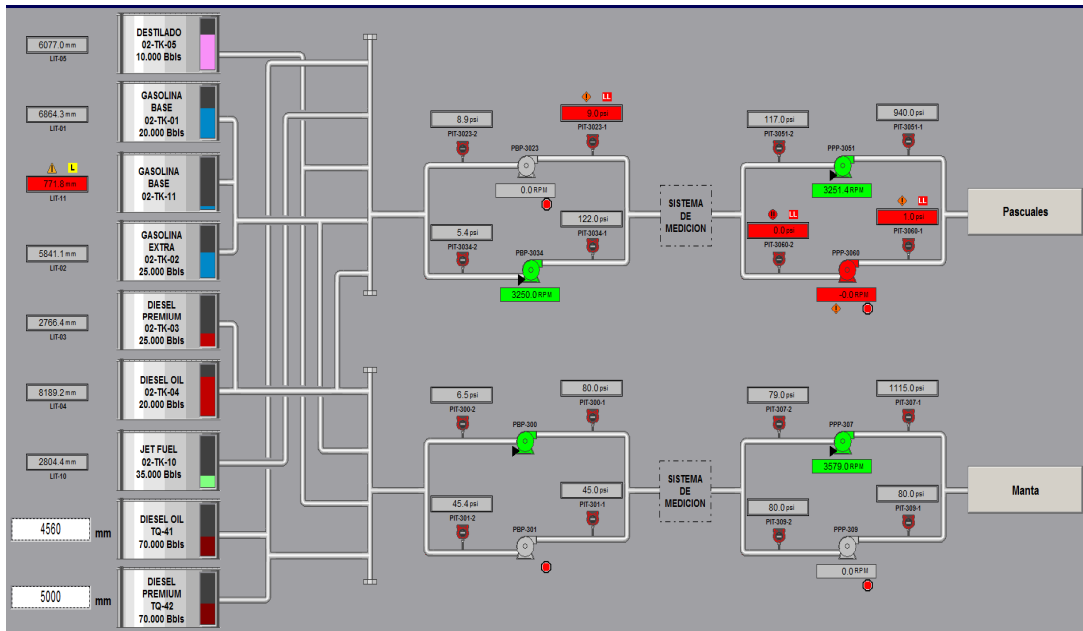


Figura 1.9 Estación de Bombeo.

Para el control de inyección de químico, se realizó el diseño de lazo de flujo con un controlador universal de lazo cerrado, que permitió la dosificación del químico, de forma automática a la línea de combustible.

El esquema de un lazo de control de flujo, el cual será aplicado para la inyección de químico reductor de fricción. Se muestra en la figura 1.10

Lazo de control de inyección químico

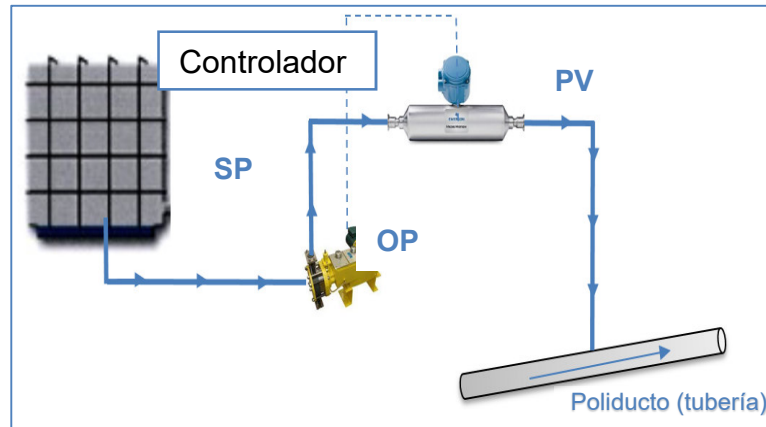


Figura 1.10 Lazo de control de flujo

La bomba dosificadora debe instalarse a la salida, después del último grupo de bombeo de combustible, para que el efecto turbulento de la bomba principal o booster, no destruya la inyección del químico.

Al mezclarse el químico, se empieza a convertir en régimen laminar, reduciendo la fricción, presión de salida, con el objetivo de incrementar el valor de caudal de barril/hora. y satisfacer demanda de derivados del petróleo.

El funcionamiento del sistema de inyección, puede trabajar en modo manual, realizando regulación a la bomba dosificadora, (donde interviene el operador de campo) y en automático con ayuda del lazo de control de caudal de químico reductor de fricción.

En función del programa de evacuación de productos limpios y del stock de combustible requerido en el Terminal de Llegada, se dosificará la cantidad de químico reductor. Se parte desde que el poliducto está operando con las siguientes características. Caudal de bombeo: 373 barril/hora. Figura 1.11

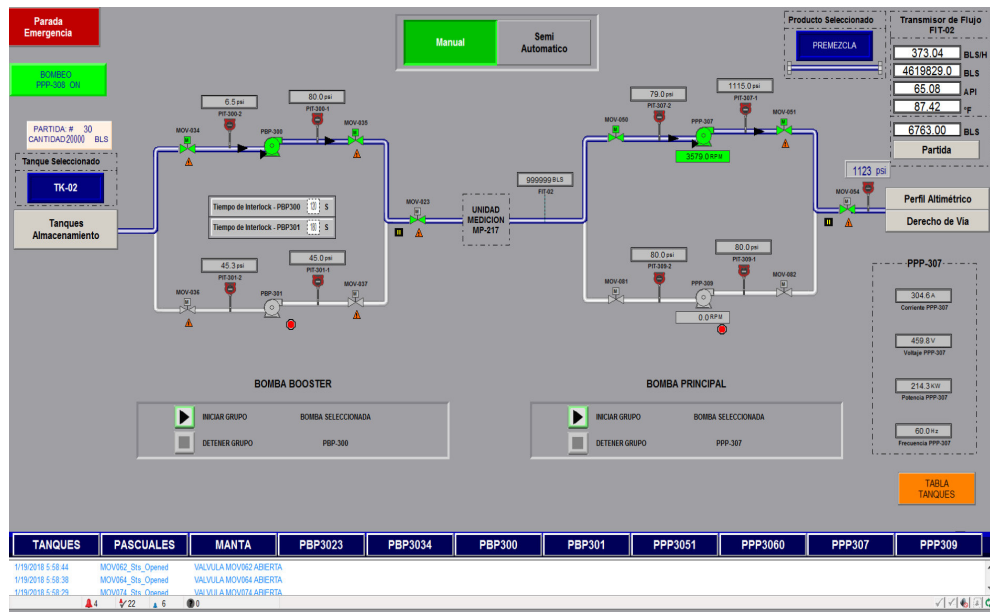


Figura 1.11 Pantalla donde se visualiza, el flujo de bombeo.

Es necesario realizar cálculos para tener en cuenta el volumen de combustible requerido y aplicar la formula según las PPM.

Donde:

$$\text{Inyeccion de Quimico (GPH)} = \frac{42 * \text{PPM} * \text{FLUJO (BPH)}}{1.000.000}$$

Ecuación 1.

42, es un valor constante, corresponde a 42 galones que tiene un barril.

PPM: Es el valor del porcentaje en ppm a inyectar.

Flujo: Es el valor del caudal instantáneo que se requiere alcanzar.

Los valores obtenidos con la ecuación 1, a partir de una dosificación de 20 ppm, son mostrados en la tabla 1.1

Tabla 1.1 Cálculos realizados con una dosificación de 20 ppm

Caudal combustible deseado	valor de ppm	factor	Caudal del químico a dosificar
400	20	42	0,336
500	20	42	0,42
550	20	42	0,462
600	20	42	0,504
700	20	42	0,588

Para la inyección del químico es necesario realizar una línea de tubería nueva como se observa en la figura 1.12



Figura 1.12 Tubería de poliducto y de inyección de químico.

Para continuar con el procedimiento, se realizan los siguientes pasos.

1. Arranca el grupo de recirculación de químico reductor de fricción, de 10 a 15 minutos antes de inyectar.
2. Se verifica que el controlador este en modo automático.
3. Se escoge el valor del set point del controlador de lazo. (gph). Después de

varias pruebas, se ha establecido el valor de 0.5 GPH, en base al cálculo y a las pruebas de campo realizadas.

4. Verificación de estado de instrumentos.
5. Encender la bomba de inyección, comparar que la presión de descarga sea mayor a la presión de descarga de la tubería.
6. Verificar la dosificación (GPH) que maneja la bomba en el medidor de flujo o en el indicador.

Una vez que empieza a inyectar, el controlador iniciara con un %OP de 100%. Al ser un control de acción reversa cuando la PV, caudal del proceso empiece a aumentar, el valor de OP empezara a disminuir hasta igual el valor de la PV y el SET POINT, es decir hasta que se cumpla la condición de SP 0.5 GPH.

Conforme se va inyectando el polímero, empezara a reducir la presión de salida del poliducto de 1500 hasta a 950 PSI, dependiendo de la dosificación.

CAPÍTULO 2

2. RESULTADOS OBTENIDOS.

2.1 Evaluación del comportamiento hidráulico del sistema inyector a diferentes dosificaciones.

Para realizar las pruebas de arranque y puesta en marcha, se realizó, varias dosificaciones a diferentes productos limpios derivados del petróleo, por un tiempo de 261 horas, como se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Volúmenes bombeados.

No. PARTIDA	PRODUCTO	VOL.BOMBEADO	PPM	No. HORAS
11	D. PREMIUM	13232	20	21
13	GAS. PM	20125	25	19
15	D.OIL	12898	40	91
17	D. PREMIUM	10625		
19	D.OIL	10101		
21	GAS. PM	20036		
23	D. PREMIUM	10235	50	49
25	D. OÍL	15348		
27	GAS. PM	19931	20	37
29	D.OIL	9421		
31	D. PREMIUM	15286	18	44
33	GAS. PM	19508		
35	D.OIL	9685		
TOTAL BOMBEADO (BLS)		186431	TOTAL HORAS	261

Se realizaron pruebas a diferentes dosificaciones, De acuerdo a las PPM corresponde un valor de GPH. Donde se obtuvo los siguientes valores. Como se muestra en la tabla 2,2.

Tabla 2.2 Parámetros iniciales para la dosificación.

CAUDAL	PPM	GPH
520	20	0,4704
	25	0,588
	40	0,9408
	50	1,176
	20	0,4704
	18	0,42336

De esta muestra se obtuvo un total de 186431 barriles, con un caudal promedio de 714 BPH, en comparación a otro grupo de partidas similares sin la inyección del químico, existe una diferencia positiva de 75506 barriles, como se muestra en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 valores Obtenidos

VOL. TOTAL BOMBEADO (BLS)	Q(PROMEDIO)BPH	VOL. DIA(BLS)
CON QUIMICO	186.431	714
SIN QUIMICO	110.925	425
DIF. POSITIVA TOTAL	75.506	DIF. POSITIVA DIA
		6.943

Utilizando diferentes puntos de dosificación de ppm del químico, es decir diferentes sets points de GPH de químico, se obtuvo la curva que representa el caudal de combustible. (color naranja). La curva en celeste muestra el caudal del combustible en partidas anteriores sin la dosificación. La figura 2.1 muestra el comportamiento de las curvas de caudal.

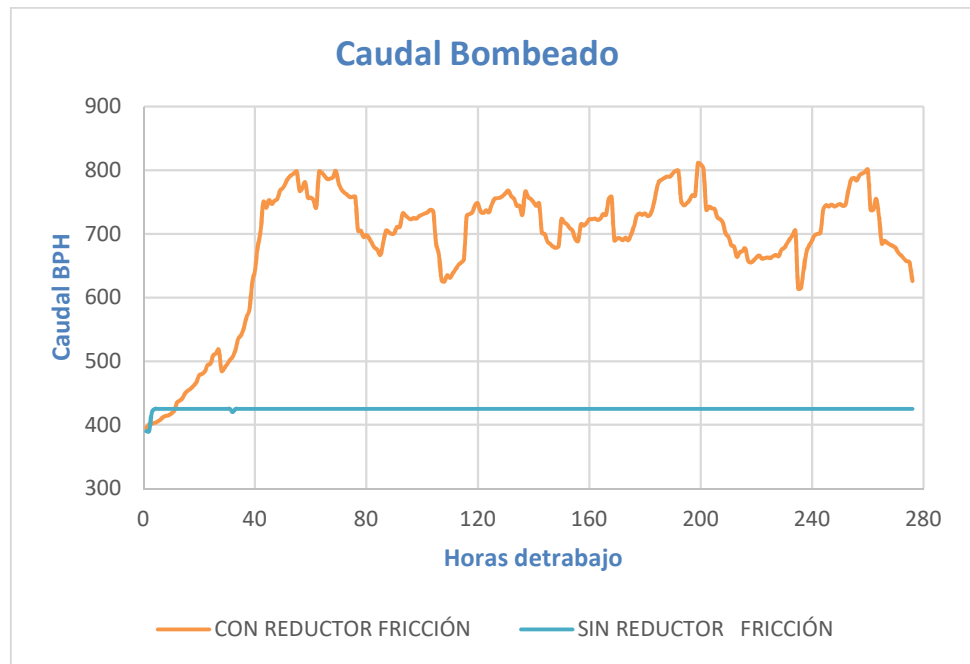


Figura 2.1 Curva caudal antes y después de la inyección del químico.

A medida que se inyecta el químico, las presiones disminuyen, como se muestra en la figura 2.2.

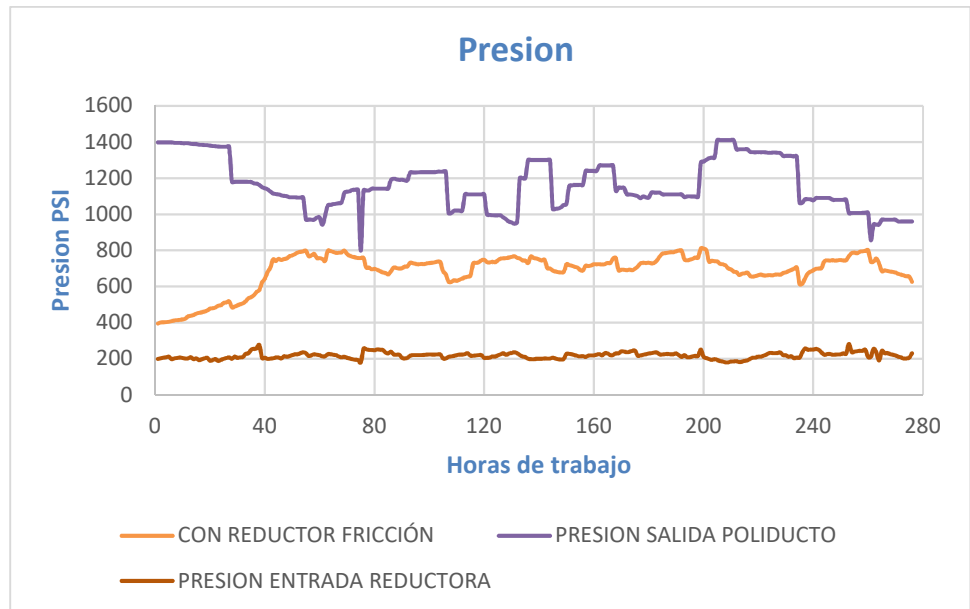


Figura 2.2 Curva Presiones.

Existe una diferencia positiva, que existe al inyectar el químico automáticamente, como se observa la optimización del caudal en la figura 2.3.

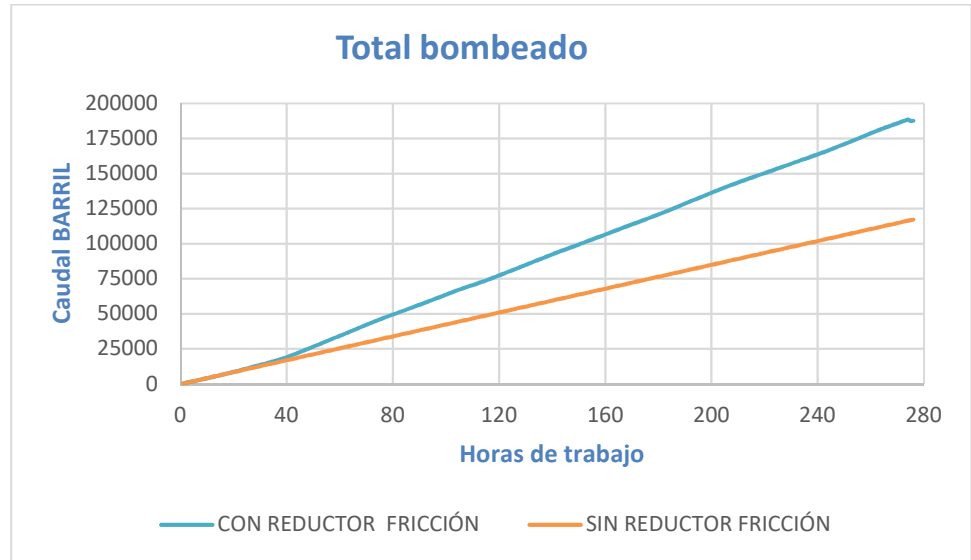


Figura 2.3 Optimización del caudal total

Los cambios de set point y la variable del proceso del caudal inyectado a la tubería en la muestra de 261 horas, son mostrados en la figura 2.4.

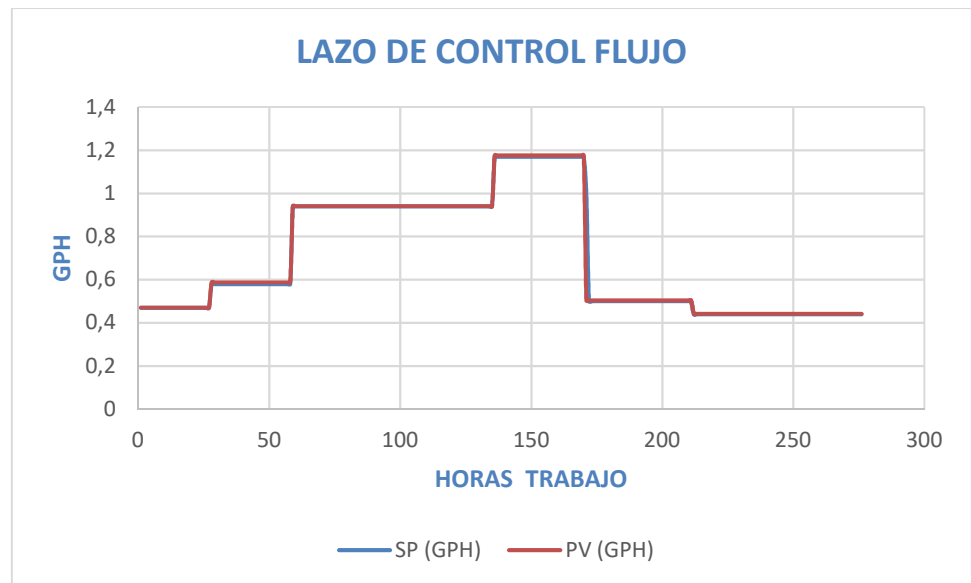


Figura 2.4 Curva de inyección del químico.

El consumo de químico de las pruebas y puesta en marcha, se visualiza en la figura 2.5.

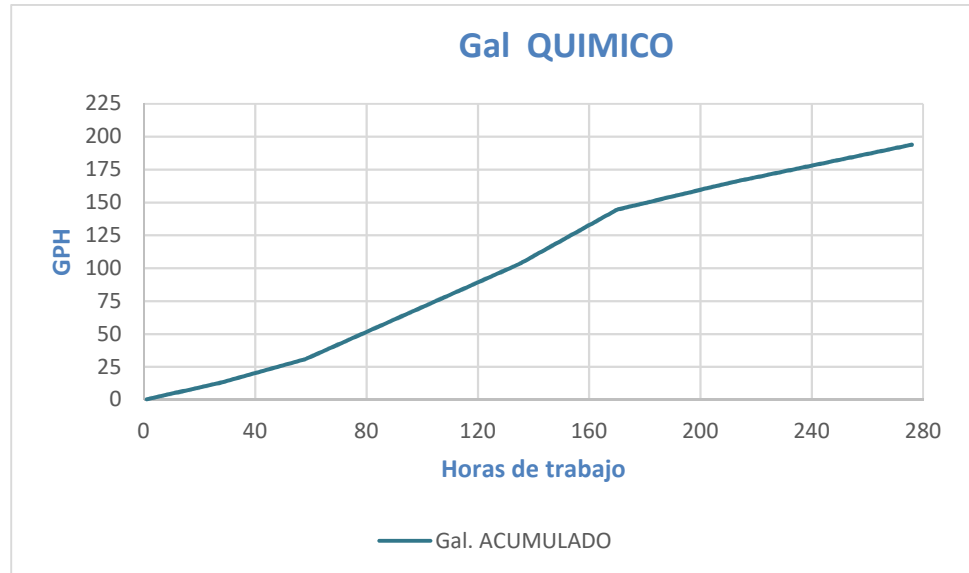


Figura 2.5 Totalizado de químico reductor.

2.2 Incremento de volumen bombeado.

Con la instalación del sistema automático de inyección, durante las pruebas de arranque y puesta en marcha de 261 horas, se realizó varias dosificaciones, se logró incrementar el caudal de bombeo de 420 bph hasta a 714 bph en promedio, todo depende de la dosificación de químico reductor de fricción. alcanzando un 75% adicional al nominal, en un día de operación llegará un valor promedio de 17136 bpd, con ello se cubrirá la demanda requerida, y se reducirá el gasto por costos de transporte vía terrestre

El total bombeado fue 3.660.042 barriles, en el año 2018, como se muestra en la figura 2.6.

Año 2018												
PRODUCTO MES	Gasolina Super	Gasolina Base	Gasolina Extra/Import.	Nafta Alto Octano	Gasolina Premezcla	Diésel 1	Diésel 2	Diésel Premiun	Fuel Oil	Jet A-1	GLP	TOTAL POLIDUCTO
LIBERTAD - MANTA												
Enero	-	-	-	-	133.993	2.428	45.954	117.301	-	-	-	299.676
Febrero	-	-	-	-	125.361	2.297	40.205	97.263	-	-	-	265.126
Marzo	-	-	-	-	140.969	2.113	53.407	111.168	-	-	-	307.656
Abril	-	-	-	-	145.382	2.420	52.576	98.192	-	-	-	298.570
Mayo	-	-	-	-	134.738	2.644	59.405	114.854	-	-	-	311.641
Junio	-	-	-	-	128.495	2.212	55.980	113.032	-	-	-	297.719
Julio	-	-	-	-	153.557	2.314	40.036	119.902	-	-	-	315.809
Agosto	-	-	-	-	145.930	2.732	44.268	116.382	-	-	-	309.312
Septiembre	-	-	-	-	158.171	3.072	45.066	93.588	-	-	-	299.897
Octubre	-	-	-	-	171.279	2.849	49.294	85.560	-	-	-	308.981
Noviembre	-	-	-	-	164.544	2.779	40.212	99.631	-	-	-	307.166
Diciembre	-	-	-	-	170.770	2.647	63.532	101.540	-	-	-	338.489
TOTAL	-	-	-	-	1.771.190	30.506	589.934	1.268.412	-	-	-	3.660.042

Figura 2.6. Volumen transportado barriles año 2018. [4]

Un total de 4.322.923 barriles, en el año 2019, es decir se logró incrementar el 18%, el cual represento 662.881 barriles, en el primer año. Como se observa en la figura 2.7.

Cifras en barriles											
Producto Mes	Gasolina Base	Gasolina Extra/ Import.	Nafta Alto Octano	Gasolina Premezcla	Diésel 1	Diésel 2	Diésel Premiun	Jet A-1	GLP	TOTAL POLIDUCTO	
LIBERTAD - MANTA											
Enero	-	-	-	160.422	2.636	115.214	105.111	-	-	383.383	
Febrero	-	-	-	140.179	2.303	88.464	100.197	-	-	331.143	
Marzo	-	-	-	155.030	2.511	100.885	106.432	-	-	364.859	
Abril	-	-	-	150.077	2.615	71.708	106.990	-	-	331.389	
Mayo	-	-	-	175.461	2.515	56.640	123.803	-	-	358.418	
Junio	-	-	-	145.296	2.394	49.128	104.585	-	-	301.402	
Julio	-	-	-	168.177	2.725	88.668	124.210	-	-	383.780	
Agosto	-	-	-	191.513	3.133	92.429	112.380	-	-	399.454	
Septiembre	-	-	-	154.927	2.484	106.770	121.341	-	-	385.523	
Octubre	-	-	-	149.581	2.912	115.692	85.376	-	-	353.561	
Noviembre	-	-	-	157.260	2.925	75.438	111.817	-	-	347.439	
Diciembre	-	-	-	173.022	2.003	81.624	125.921	-	-	382.570	
TOTAL	-	-	-	1.920.945	31.155	1.042.661	1.328.162	-	-	4.322.923	

Figura 2.7. Volumen transportado barriles año 2019. [5]

En el año 2022 el bombeo ha incrementado a 4.353.766, siendo 1,19 mayor comparado con de valor del año 2018, una diferencia positiva de 693.724,6 barriles, gracias a la dosificación automática del químico reductor de fricción. Como se observa en la figura 2.8

Año 2022												
PRODUCTO MES	Gasolina Súper	Gasolina Base	Gasolina ExtraImport.	NAO + Nafta RON 80	Gasolina Premezcla	Diésel 1	Diésel 2	Diésel Premium	Fuel Oil	Jet A-1	GLP	TOTAL POLIDUCTO
LIBERTAD - MANTA												
Enero	11.936	-	-	-	145.785	1.265	81.229	115.474	-	-	-	355.689
Febrero	8.818	-	-	-	136.868	1.202	56.863	91.992	-	-	-	295.743
Marzo	14.174	-	-	-	170.509	912	87.982	106.113	-	-	-	379.691
Abril	16.524	-	-	-	155.547	994	62.564	119.860	-	-	-	355.489
Mayo	8.936	-	-	-	169.438	1.042	85.843	116.185	-	-	-	381.445
Junio	14.981	-	-	-	172.586	1.041	83.967	111.596	-	-	-	384.171
Julio	10.171	-	-	-	173.654	1.002	53.625	127.554	-	-	-	366.006
Agosto	5.005	-	-	-	189.216	995	55.764	129.978	-	-	-	380.959
Septiembre	8.964	-	-	-	178.602	1.014	57.621	113.118	-	-	-	359.320
Octubre	9.032	-	-	-	178.423	1.239	60.981	122.280	-	-	-	371.955
Noviembre	13.243	-	-	-	164.441	1.025	46.431	118.856	-	-	-	343.997
Diciembre	9.304	-	-	-	188.895	1.285	55.036	124.784	-	-	-	379.303
TOTAL	131.090	-	-	-	2.023.964	13.016	787.905	1.397.791	-	-	-	4.353.766,60

Figura 2.8. Volumen transportado barriles año 2022 [6]

2.3 Análisis económico.

Se tomará como referencia, el valor de la Resolución Nro. ARCH-ARCH-2020-0101-RES, 20 de abril de 2020. [7]. En el cual indica los siguientes valores, que se muestran en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Tabla de costo por transporte de combustible

TARIFA PARA FLETE DEL TRANSPORTE TERRESTRE DE COMBUSTIBLE	
RUTA	TARÍFA CALCULADA GASOLINA SÚPER (USD\$/gal)
LA LIBERTAD - DPA SANTA MARIA-NITA	0,080548
BARBASQUILLO – DPA SANTA MARIANITA	0,005426
ESMERALDAS – DPA SANTA MARIA-NITA	0,159427

Bajo el criterio de la tabla 2.4, se analizará el costo del barril de combustible vía terrestre, por galón y barril en Dólares.

Tabla 2.5. Costos de Transporte.

Costos de Transporte en Dólares	
Costo Galón	Costo Barril
\$0,080548	\$3,383016

Tabla 2.6. Valores caudales incrementado

Poliducto	BPH
Caudal Total 2018	3.660.042
Caudal incrementado con QRF año 2019	4.322.923
Diferencia año 2022	662881

Después de las pruebas se estableció dosificar el químico a 0.5 GPH, durante el primer año se obtuvo un incremento de 662.881 barriles, equivalente a al 18% la cantidad de barriles.

El valor de transporte de combustible por barril según Resolución Nro.

ARCH-ARCH-2020-0101-RES a la Ciudad de Manta es \$3,383,016., finalmente multiplicando por la tasa de costo por barril vía terrestre, con los 662.881 barriles, se obtiene un valor de \$ 2.242.537,02.

El valor incrementado en el último año es 693,724,6 barriles, que equivale al 19%, y representa un valor de \$ 2.346.881,42.

Inyectar automáticamente el químico involucra, disminuir el uso de transporte terrestre para el combustible, por lo tanto, se reducirá estos gastos.

El costo total de los equipos para ejecutar este proceso fue de \$120.000, adicional cada tanque de químico tiene un valor aproximado de \$ 15.000, cada tanque contiene 260 galones.

Actualmente se inyecta a razón 0.5 GPH, solo durante las partidas de diésel, ya que la densidad del diésel es mayor que la gasolina.

2.4 Reducción horas operativas.

Al incrementar el caudal de 420 bph a 714 bph, disminuye el tiempo de las operaciones de bombeo, tanto en la Estación de bombeo, (3 operadores) como en la Estación Reductora, (3 operadores), ya que el caudal de abastecimiento al terminal es mayor, realizando un adecuado cronograma para la recepción de productos, también se podría reducir el costo hora-hombre.

CONCLUSIONES

- La integración de un lazo de control, en el sistema de inyección de flujo de químico, permitió controlar el caudal de químico, con una dosificación continua, se estableció un valor de set point de 0.5 GPH.
- Al automatizar la dosificación de inyección del químico a la tubería, Se incrementó el volumen de combustible bombeado anualmente, entre un 18% y 19 %.
- Se optimizo el volumen bombeado, realizando una inversión económica, que fue recuperada a corto plazo, sin alterar las condiciones de calidad del producto, reduciendo gastos operacionales por costos de transporte terrestre y lo más importante disminuyendo la contaminación ambiental, ocasionada por los tanqueros.
- Se incrementó el caudal de productos limpios derivados del petróleo, y se logró cumplir con la demanda, sin realizar la inversión económica de una Estación Repetidora.

RECOMENDACIONES

- Para mejora y obtener los históricos de consumo y alarmas, se debe integrar todas las señales, a un PLC, como un subproceso y luego realizar la integración, al sistema scada existente Factory Talk View.
- Se debe contar otro equipo de dosificación, para que actúe de equipo back up, y asegurar las operaciones de bombeo en la etapa de alta demanda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MiltonRoy (2019) MILROYAL B Pumps [online]. Disponible en: <https://www.miltonroy.com/es-ec/metering-pumps/milroyal-series-metering-pumps>.
- [2] Omega (2019) FMC-5000 Series Coriolis Mass Flowmeters [online]. Disponible en <https://mx.omega.com/pptst/FMC-5000.html#manuals>.
- [3] ABB GROUP, (2020). ControlMaster CMF [online]. Disponible en: https://library.e.abb.com/public/be477553a8ab47e2b5b78bb324b2617b/CI_CMF160_310-ES_E.pdf?x_sign=C1o3yPWq9BfuYpX5cWgfcrgRvqbl6AeFWJFYHWWtQeE+8V8gMjGAdrh6jJQth4w1
- [4] EP Petroecuador, (2018) Informe Estadístico Diciembre 2018, [online]. Disponible en: <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/INFORME-ESTADISTICO-DICIEMBRE-2018.pdf>
- [5] EP Petroecuador, (2019), Informe Estadístico Diciembre 2019, [online]. Disponible en: <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/INFORME-ESTADI%CC%81STICO-ANUAL-2019.pdf>
- [6] EP Petroecuador , (2022) Informe Estadístico Diciembre 2022, [online]. Disponible en: <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/03/INFORME-ESTADISTICO-ENERO-DICIEMBRE-2021.pdf>
- [7] Registro Oficial, (2020) EDICIÓN ESPECIAL NO. 553 [online]. Disponible en: https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/ediciones-especiales/item/download/12106_06a2b8334a480c898e66c83bdaf76d92