

# **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO, Y REUTILIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE SANDBLASTING PARA LIMPIEZA DE TUBERÍAS EN LA EMPRESA INCOAYAM CÍA. LTDA.”**

---

**ROBERTO DONOSO CRUZ**

## **RESUMEN**

Este proyecto está claramente dividido en dos temas principales, el primero es el diseño, construcción e implementación del sistema de aire comprimido. El segundo, la reutilización de una cabina de sandblasting para aplicaciones de limpieza superficial de tuberías múlti diámetro en la planta industrial de la compañía INCOAYAM. Para el diseño del sistema de aire comprimido se estudió los procesos que requieren de aire, las herramientas neumáticas involucradas en estos procesos, para finalmente identificar el tiempo de funcionamiento típico de cada una de ellas en una jornada de trabajo. Después el estudio se asentó en el cálculo del caudal de aire requerido en la planta, analizando el requerimiento de cada herramienta, y multiplicando por varios factores de diseño. Posteriormente se dimensionaron los elementos, para finalmente construir y poner en marcha el sistema. Con respecto al segundo tema, existía un proceso con falencias, la preparación superficial de tuberías previa al proceso de pintura. La reutilización de la cabina de sandblasting para realizar la limpieza superficial de tuberías multi diámetro, se logró modificando su estructura, realizando perforaciones en las paredes laterales, colocando membranas retractiles en los orificios. Por último se diseñaron y construyeron elementos de soporte que permiten un tránsito horizontal y rotacional de la tubería a través de la cabina de sandblasting para la limpieza de tuberías de hasta 4 pulgadas de diámetro y 6 metros de largo, obteniendo beneficios de reducción de tiempo y dinero, con lo que se recupera la inversión de todo el proyecto en apenas 12 meses.

## **PALABRAS CLAVE:**

- Aire Comprimido, Diseño.
- Sandblasting, reutilización.

## **INTRODUCCION**

La compañía INCOAYAM se dedica principalmente al diseño y construcción de sistemas de transporte y distribución de gases combustibles y termo fluidos, especialmente en el sector inmobiliario así como en el sector industrial.

En la planta industrial se realizan varias producciones internas que requieren directa, o indirectamente, el uso de aire comprimido para su ejecución. Para esto se disponía de compresores pequeños de 2 hp, que en horas de trabajo pico no abastecían el requerimiento total, de caudal ni presión necesarias. Esto ocasionaba desorden dentro de la planta, retrasos en las entregas, molestia entre los obreros y supervisores.



Frecuentemente se realiza la pintura o recubrimiento superficial en tuberías de distintos diámetros de acero negro, acero inoxidable, y cobre. Además de que el código de colores en las tuberías es una obligación normativa para instalaciones, ayuda a evitar los procesos de oxidación. Previo al proceso de pintura se realiza la preparación superficial de la tubería.

Con el acero negro el trabajo de limpieza se torna totalmente difícil y molesto, el objetivo es retirar totalmente la pintura de protección que viene de fábrica en las tuberías, para poder aplicar la pintura del color blanco que solicitan las normas de instalación de gas. También se realizan esfuerzos físicos grandes en el lijado, que terminan agotando a los trabajadores que muchas veces tienen que continuar con otras actividades importantes disminuyendo su rendimiento.



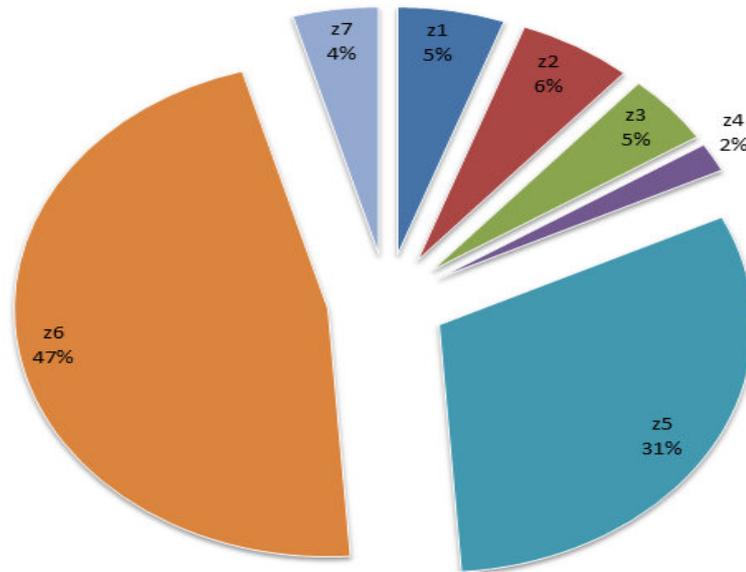
## DESARROLLO

Se realiza el estudio de procesos que requieren de aire, las herramientas neumáticas involucradas en estos procesos, para finalmente identificar el tiempo de funcionamiento típico de cada una de ellas en una jornada de trabajo, en cada zona de la planta.

Herramienta/Equipo Neumático	Cantidad (C)	Consumo Específico (Qe)	Consumo Total Teor. (Qte)	Tiempo de uso (Tu)	Tiempo Referencial (Tr)	Factor de Utilización (Fu)	Consumo Total Real (QTr)
	UNIDAD	L/s	L/s	h	h		L/s
Pistola de limpieza	2,00	6,00	12,00	0,53	8,00	0,07	0,80
						<b>QTrZ1</b>	<b>0,80</b>

Después el estudio se asentó en el cálculo del caudal de aire requerido en la planta, analizando el requerimiento de cada herramienta, y multiplicando por varios factores de diseño como de simultaneidad, expansión, fugas, etc.

### Porcentaje de Requerimiento de Aire Comprimido



ZONA	Utilización de aire	Caudal por Zona	Puntos de consumo	Caudal por Punto
	%	ACFM		ACFM
Z1	0,06	1,86	P1	0,93
			P2	0,93
Z2	0,06	1,99	P3	1,00
			P4	1,00
Z3	0,05	1,55	P5	1,55
Z4	0,02	0,64	P6	0,64
Z5	0,31	10,50	P7	10,50
Z6	0,47	15,80	P8	7,90
			P9	7,90
Z7	0,04	1,49	P10	1,49

Dimensionamiento de tuberías y elementos de la red de aire de tal manera que satisfaga el requerimiento de caudal y presión para cada tramo de la misma.

Primer método: analizando cada tramo de tubería con su longitud normal más la longitud equivalente de los accesorios. Con el caudal, caída de presión, determinando el diámetro mínimo permisible para cada uno.

PX	6,00	(BARES) (87 PSI)					
		CAUDAL		LONGITUD	$\Delta p$	Diametro Min	Diametro Min
TRAMOS	TIPO	(ACFM)	(m <sup>3</sup> /min)	(m)	(bar)	(in)	(mm)
COMP-A	LINEA PRINCIPAL	33,83	0,96	9,27	0,04	0,84	21,32
A-P1	LINEA SECUNDARIA	0,93	0,03	6,85	0,04	0,21	5,31
A-B	LINEA PRINCIPAL	32,90	0,93	8,79	0,04	0,82	20,87
B-P2	LINEA SECUNDARIA	0,93	0,03	6,85	0,04	0,21	5,31
B-C	LINEA PRINCIPAL	31,97	0,91	11,01	0,04	0,85	21,60
C-P3	LINEA SECUNDARIA	1,00	0,03	6,85	0,04	0,21	5,45
C-D	LINEA PRINCIPAL	30,97	0,88	11,00	0,04	0,84	21,35
D-P4	LINEA SECUNDARIA	1,00	0,03	6,85	0,04	0,21	5,45
D-E	LINEA PRINCIPAL	29,97	0,85	11,00	0,04	0,83	21,09
E-P5	LINEA SECUNDARIA	1,55	0,04	6,85	0,04	0,25	6,41
E-F	LINEA PRINCIPAL	28,42	0,80	10,68	0,04	0,81	20,56
F-P6	LINEA SECUNDARIA	0,64	0,02	10,66	0,04	0,20	5,05
F-G	LINEA PRINCIPAL	27,78	0,79	22,74	0,04	0,93	23,71
G-P7	LINEA SECUNDARIA	10,50	0,30	10,66	0,04	0,56	14,22
G-H	LINEA PRINCIPAL	17,28	0,49	13,55	0,04	0,71	17,94
H-P8	LINEA SECUNDARIA	7,90	0,22	7,25	0,04	0,47	11,85
H-I	LINEA PRINCIPAL	9,38	0,27	11,11	0,04	0,54	13,75
I-P9	LINEA SECUNDARIA	7,90	0,22	3,63	0,04	0,41	10,32
I-J	LINEA PRINCIPAL	1,48	0,04	20,41	0,04	0,31	7,84
J-P10	LINEA SECUNDARIA	1,49	0,04	2,43	0,04	0,20	5,14

El segundo método para dimensionamiento supone que en el punto de consumo que estuviese más alejado al punto de suministro del aire comprimido se requerirá del caudal total. Es un método que da un factor de seguridad adecuado. Se igualan los resultados de los dos métodos por diferencias porcentuales y se obtiene los diámetros mínimos de las tuberías.

Tipo de Línea	Diámetro Mínimo Interno (mm)
Principal	30mm
Secundaria	17mm

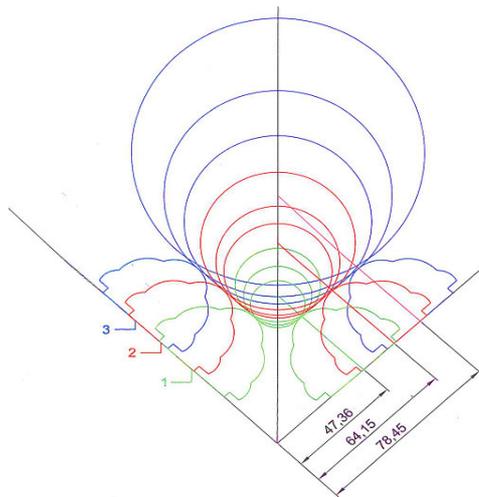
Con respecto preparación superficial de tuberías previa al proceso de pintura. Después de identificado el problema se pensaron varias soluciones, la más atractiva fue la reutilización de una cabina de sandblasting, realizar la limpieza superficial de tuberías de diferentes diámetros.



La reutilización de la cabina se logró modificando la estructura de la misma, realizando perforaciones en las paredes laterales, colocando membranas retractiles en los orificios para permitir el ingreso de la tubería a la cabina evitando la salida del abrasivo al medio ambiente.



Por último se diseñaron y construyeron elementos de soporte para las tuberías que permiten un tránsito horizontal y rotacional de la tubería a través de la cabina de sandblasting para la limpieza de tuberías de hasta 4 pulgadas de diámetro y 6 metros de largo.



Posición 1	Posición 2	Posición 3
1/2"	1-1/4"	2-1/2"
3/4"	1-1/2"	3"
1"	2"	4"



El mayor beneficio se obtuvo sin lugar a duda con la implementación del nuevo sistema de limpieza de tuberías. Razón por la cual se analizó la viabilidad financiera del proyecto entero solo con este enfoque. Se obtuvo una reducción del 26% del tiempo de ejecución promedio y 32 % de reducción de costo de operación con respecto al procedimiento antiguo.

En conclusión se demuestra que el proyecto en su totalidad es financieramente rentable con el beneficio de la reutilización de la cabina de sandblasting, recuperando la inversión inicial en un periodo de 12 meses desde la implementación del mismo.

## CONCLUSIONES

- Se logró diseñar un sistema de aire comprimido eficiente a la medida de las necesidades de la empresa INCOAYAM, reutilizando la mayor cantidad de materiales posibles.
- El sistema diseñado tiene una posibilidad de expansión del 35% de caudal de aire requerido ya sean más puntos de consumo, o mayor caudal en los puntos ya implementados.
- La implementación y construcción del sistema de aire comprimido se realizó en un tiempo corto, para esto fue fundamental la planificación oportuna de las actividades, y una supervisión constante de la ejecución del proyecto.
- Se consiguió readecuar la estación de sandblasting subutilizada realizando modificaciones en su diseño, así como la implementación de elementos que facilitaron el uso de esta máquina para limpieza de tuberías multi diámetro.
- Con la implementación de este proyecto el orden en la planta aumento significativamente, además, el trabajo que realizan los operadores es mucho más ergonómico, por estos motivos se ha generado un nivel de satisfacción elevado en los miembros de la compañía.
- El nuevo método de limpieza de tuberías implementado redujo el tiempo de ejecución de esta actividad en un 25% con respecto al método anterior, además de recursos materiales, produciendo así beneficios económicos suficientes para recuperar la inversión del proyecto, incluyendo el sistema de aire comprimido en 12 meses.
- El proyecto demostró ser rentable por tener una tasa interna de retorno de 5.27% mensual y una relación costo beneficio de 1,38. Esto quiere decir que por cada dólar invertido se recupera 1,38\$.