



---

## IV. PLAN DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con los objetivos planteados, se definió un plan de investigación que incluyó:

- La definición del sistema detergente a estudiar
- Estudios exploratorios previos
- Diseño experimental

### 4.1 Sistema detergente

El primer paso fue la definición del sistema detergente a estudiar. Esta definición incluyó el tipo de suciedad que se le aplicaría al sustrato (lata), el surfactante que se utilizaría, los aditivos suavizadores y el medio de lavado y sus condiciones.

### 4.2 Estudios exploratorios previos

Posteriormente se planeó una serie de experimentos preliminares para fijar algunos factores como lo son:

- Tiempo de lavado
- Revoluciones por minuto (esfuerzo de corte)
- Concentración del surfactante en el medio de lavado

Dentro de estos factores a fijar, es de señalar la importancia que tiene la concentración de surfactante en el medio de lavado, ya al tener idea de cuantos gramos por litro de surfactante se deberán utilizar en el lavado de la lata, se tendrá también la base másica para fijar los gramos de los demás componentes del detergente, de acuerdo a porcentajes de composición reportados.

---



Además de la importancia que implica para el plan de investigación tener idea de la concentración de surfactante a utilizar en el lavado, también es de señalar que esta variable es importante por el impacto que puede tener hacia el medio, en este caso, el tratamiento aerobio de aguas residuales.

### 4.3 Diseño de experimentos

El diseño de experimentos se realizó utilizando el paquete Desing Expert, manejando seis variables:

- La dureza del agua de lavado la temperatura,
- La concentración del surfactante dodecilbencensulfonato de sodio en el medio,
- La relación de concentraciones entre el agente suavizador silicato de sodio y el agente suavizador carbonato de sodio,
- La concentración del aditivo suavizador metasilicato de sodio,
- La concentración del aditivo suavizador tripolifosfato de sodio (TPFS) en el medio de lavado.

El paquete arrojó una matriz de experimentos codificada consistente en 86 pruebas, esta información así como el código de variables se encuentra en las tablas I y II.

**TABLA V.- Matriz de experimentos proporcionada por DESIGN EXPERT**

No. de prueba	A	B	C	D	E	F
1	1	-1	-1	1	-1	-1
2	1	-1	1	1	-1	1
3	0	0	0	0	0	0
4	-1	-1	-1	1	1	1
5	1	1	1	1	-1	-1
6	0	0	0	0	0	0
7	1	-1	-1	-1	1	-1



No. de prueba	A	B	C	D	E	F
8	0	0	0	0	2.82843	0
9	0	0	-2.82843	0	0	0
10	1	1	-1	-1	1	-1
11	-1	-1	-1	-1	1	-1
12	1	1	1	1	1	1
13	0	0	0	0	0	0
14	1	-1	1	-1	1	1
15	-1	1	1	1	1	-1
16	-1	1	-1	-1	-1	-1
17	-1	-1	-1	1	1	-1
18	1	1	-1	1	-1	1
19	-1	-1	-1	1	-1	-1
20	0	0	0	0	0	-2.82843
21	1	-1	-1	-1	-1	-1
22	-1	1	1	-1	-1	-1
23	-1	1	1	1	-1	1
24	-1	1	1	1	1	1
25	-1	-1	1	-1	1	-1
26	0	-2.82843	0	0	0	0
27	1	-1	1	-1	-1	1
28	-1	-1	-1	-1	1	1
29	0	0	0	0	0	0
30	-1	1	-1	1	-1	-1
31	0	0	0	0	0	0
32	-1	1	-1	-1	1	-1
33	-1	-1	1	1	1	-1
34	1	-1	1	1	1	1
35	0	0	0	0	0	2.82843
36	-1	-1	-1	-1	-1	-1
37	1	-1	-1	1	-1	1
38	-1	1	1	-1	1	-1
39	1	1	-1	1	1	-1
40	1	1	1	-1	-1	1
41	-1	1	-1	1	1	-1
42	0	0	2.82843	0	0	0
43	0	0	0	0	-2.82843	0
44	1	1	1	1	-1	1



No. de prueba	A	B	C	D	E	F
45	-1	1	1	-1	-1	1
46	0	0	0	0	0	0
47	-1	-1	-1	-1	-1	1
48	1	-1	-1	1	1	-1
49	0	0	0	0	0	0
50	-1	-1	1	-1	-1	1
51	-1	1	-1	1	-1	1
52	1	-1	1	1	1	-1
53	1	-1	-1	-1	-1	1
54	1	1	1	-1	1	-1
55	1	1	1	-1	1	1
56	1	-1	1	-1	1	-1
57	-2.82843	0	0	0	0	0
58	-1	-1	1	1	-1	-1
59	0	0	0	0	0	0
60	-1	-1	1	-1	1	1
61	1	-1	1	-1	-1	-1
62	1	-1	1	1	-1	-1
63	0	0	0	2.82843	0	0
64	1	-1	-1	-1	1	1
65	1	1	-1	1	-1	-1
66	1	-1	-1	1	1	1
67	-1	1	1	1	-1	-1
68	-1	-1	-1	1	-1	1
69	-1	1	-1	-1	1	1
70	2.82843	0	0	0	0	0
71	1	1	1	-1	-1	-1
72	1	1	-1	-1	-1	-1
73	1	1	-1	1	1	1
74	1	1	-1	-1	1	1
75	-1	1	-1	1	1	1
76	1	1	-1	-1	-1	1
77	-1	-1	1	1	-1	1
78	-1	1	-1	-1	-1	1
79	-1	1	1	-1	1	1
80	1	1	1	1	1	-1
81	0	0	0	-2.82843	0	0



No. de prueba	A	B	C	D	E	F
82	-1	-1	1	1	1	1
83	-1	-1	1	-1	-1	-1
84	0	0	0	0	0	0
85	0	2.82843	0	0	0	0
86	0	0	0	0	0	0

La decodificación de estas variables, se encuentra en la siguiente tabla, donde se dan a conocer el significado de los factores A, B, C, D, E, y F; así como los valores de cada uno de los 5 niveles en los que serán explorados.

TABLAVI.- Decodificación de variables		(- $\alpha$ )	DECODIFICACIÓN				( $\alpha$ )
Factores	Significado	2.8284	-1.0000	0.0000	1.0000	2.8284	
A	Temperatura (°C)	30.0	49.4	60.0	70.6	90.0	
B	Dureza (ppm.)	0	50	150	250	300	
C	Surfactante (%)	4	9.818	13.000	16.182	22.000	
D	Silicato/carbonato (% / %)	0.00001	0.28484	0.75001	1.11517	1.50000	
E	Metasilicato (%)	38.0	41.2	43.0	44.8	48.0	
F	TPFS (%)	0.0	0.0	2.5	5.0	5.0	

Como variables de respuesta para el análisis estadístico se escogió el porcentaje de grasa retirada, ya que el ángulo de contacto no resultó reproducible en ensayos previos. Además se observó el aspecto y la aparición de corrosión y/o incrustación para realizar un estudio por caso.