



121
20J

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

APLICACION DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS AL
MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN ACEITES
LUBRICANTES MULTIGRADOS: "DETERMINACION DE
LA HOMOGENEIDAD EN ACEITES MULTIGRADOS
FABRICADOS EN GRANDES TANQUES DE MEZCLADO".

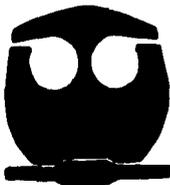
Trabajo escrito vía-cursos de Educación Continua

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R A Q U I M I C A

P R E S E N T A :

MARIA RAQUEL RUBIO GARCIDUEÑAS



MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

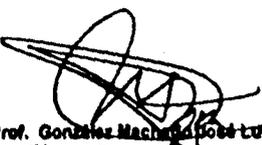
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado Asignado :

Presidente: Prof. González Machado José Luis
Vocak: Prof. Galdeano Blascebas Federico
Secretario: Prof. Alarcón Ortiz Domingo
1er. Suplente: Prof. Ceballos Silva María Eugenia
2do. Suplente: Prof. Cassaigne Hernández María del Rocío

Sitio donde se desarrolló el tema :
Mobil Oil de México, S.A. de C.V. Planta Vallejo

Asesor del Tema:


Prof. González Machado José Luis

Sustentante :


Rubio de la Huelgas María Raquel

**APLICACION DEL DISEÑO ESTADISTICO DE EXPERIMENTOS AL
MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD EN ACEITES LUBRICANTES**

**"DETERMINACION DE LA HOMOGENEIDAD EN ACEITES FABRICADOS EN
GRANDES TANQUES DE MEZCLADO"**

CONTENIDO

CAPITULO I	CONCEPTOS GENERALES. ANTECEDENTES. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.
CAPITULO II.	DISEÑO DEL EXPERIMENTO Y SU REALIZACION
CAPITULO III.	RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACION.
CAPITULO IV.	ANALISIS ESTADISTICO DE LA EXPERIMENTACION.
CAPITULO V.	CONCLUSIONES
CAPITULO VI.	RECOMENDACIONES

INDICE

CAPITULO I	PAGINA
1.1 CONCEPTOS GENERALES	1
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
 CAPITULO II	
2.1 DISEÑO DEL EXPERIMENTO Y SU REALIZACION	5
2.2 REPETICION DEL EXPERIMENTO	6
2.3 ALEATORIZACION DEL EXPERIMENTO	7
2.4 MODELO MATEMATICO	8
2.5 DESARROLLO DE LA INVESTIGACION	9
 CAPITULO III	
 RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACION	
3.1 EXPERIMENTO 1	10
3.2 EXPERIMENTO 2	11
3.3 EXPERIMENTO 3	12

CAPITULO IV	PAGINA
4.1 ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACION	13
TABLAS DEL 1 AL 15	
4.2 OBSERVACIONES	30
 CAPITULO V	
CONCLUSIONES	31
 CAPITULO VI	
RECOMENDACIONES	32

CAPITULO I

CAPITULO I

1.1 CONCEPTOS GENERALES.

LUBRICANTE.

ES TODA SUSTANCIA SOLIDA, SEMISOLIDA O LIQUIDA DE ORIGEN ANIMAL, VEGETAL, MINERAL O SINTETICA QUE PUEDA UTILIZARSE PARA REDUCIR EL ROZAMIENTO ENTRE PIEZAS Y MECANISMOS EN MOVIMIENTO.

OBTENCION DE ACEITES LUBRICANTES:

- MEZCLA DE BASICOS.
- ADITIVACION SEGUN GAMAS INDUSTRIA AUTOMOTRIZ.

FABRICACION DE ACEITES LUBRICANTES:

LOS PROCESOS A SEGUIR PARA LA OBTENCION DE LAS DISTINTAS GAMAS DE ACEITES LUBRICANTES, TANTO LOS TIPOS DESTINADOS A LA INDUSTRIA COMO LOS AUTOMOTRICES SON LOS SIGUIENTES:

- LAS BASES O BASICOS RECIBIDOS CON LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE REFINADO PASAN A LA PLANTA DE MEZCLAS O AREA DE MEZCLADO.
- SE EFECTUAN LAS MEZCLAS DE ESTAS BASES PARA OBTENER LAS VISCOSIDADES DE LAS CALIDADES REQUERIDAS.
- SE COMPLEMENTAN SUS CARACTERISTICAS INCORPORANDO A AQUELLOS QUE LOS REQUIERAN DISTINTOS TIPOS DE ADITIVOS DE ACUERDO CON SU APLICACION Y POSTERIOR SERVICIO.

ADITIVOS LUBRICANTES

COMO ADITIVOS SE ENTIENDEN AQUELLOS COMPUESTOS QUIMICOS DESTINADOS A MEJORAR LAS PROPIEDADES NATURALES DE UN LUBRICANTE Y CONFERIRLE OTRAS QUE NO POSEEN Y QUE SON NECESARIAS PARA CUMPLIR SU COMETIDO.

LA EXIGENCIAS DE LUBRICACION DE LOS MODERNOS EQUIPOS Y GRANDES MAQUINAS EN GENERAL, ASI COMO LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DE MUJY ALTAS REVOLUCIONES, ESTO OBLIGA A REFORZAR LAS PROPIEDADES INTRINSECAS DE LOS LUBRICANTES, MEDIANTE LA INCORPORACION DE ADITIVOS QUIMICOS EN PEQUEÑAS CANTIDADES Y EL HECHO DE QUE CON PEQUEÑAS CANTIDADES DE ESTOS COMPUESTOS QUIMICOS SE MODIFIQUEN PROFUNDAMENTE EL COMPORTAMIENTO DE LOS ACEITES, HA HECHO QUE SE GENERALICE MUCHO SU EMPLEO.

PROPIEDADES GENERALES DE LOS ADITIVOS:

LOS ADITIVOS SE INCORPORAN A LOS ACEITES EN MUY DIVERSAS PORCIONES DESDE PARTES POR MILLON, HASTA EL 20 % EN PESO DE ALGUNOS ACEITES DE MOTOR.

CADA ADITIVO TIENE UNA O VARIAS MISIONES QUE CUMPLIR, CLASIFICANDOSE AL RESPECTO, COMO UNI Ó MULTIFUNCIONALES.

FUNDAMENTALMENTE LOS ADITIVOS PERSIGUEN LOS SIGUIENTES OBJETIVOS:

- LIMITAR EL DETERIORO DEL LUBRICANTE A CAUSA DE FENOMENOS QUIMICOS OCASIONADOS
- POR RAZON DE UN ENTORNO O ACTIVIDAD.
- PROTEGER LA SUPERFICIE LUBRICADA DE LA AGRESION DE CIERTOS CONTAMINANTES.
- MEJORAR LAS PROPIEDADES FISICO - QUIMICAS DEL LUBRICANTE O PROPORCIONARLE OTRAS NUEVAS.

NATURALMENTE, LOS ADITIVOS DEBEN SER SOLUBLES EN EL ACEITE BASE, Y EL EFECTO QUE LE CONFIEREN ES, EN ALGUNOS CASOS, PECULIAR PARA EL ACEITE EN QUE SE INCORPORA, O SEA, QUE UN ADITIVO QUE ES EFECTIVO EN UN ACEITE PUEDE NO SERLO, AL MENOS EN EL MISMO GRADO, O EN OTRO. A ESTA PROPIEDAD SE LE PUEDE DENOMINAR SUSCEPTIBILIDAD DEL ACEITE PARA CON EL ADITIVO.

AL FORMULAR LA COMPOSICION DE UN ACEITE MULTIADITIVADO, SE TIENE MUY EN CUENTA EL COMPORTAMIENTO DE LOS DISTINTOS ADITIVOS ENTRE SI. SU COMPATIBILIDAD ES UNA CARACTERISTICA MUY IMPORTANTE.

EN MEZCLA CON EL ACEITE, DOS O MAS ADITIVOS SON COMPATIBLES SI NO DAN LUGAR A REACCIONES QUE FORMEN COMPUESTOS INDESEABLES QUE MERMEN CONSIDERABLEMENTE, O BIEN ANULEN LOS EFECTOS QUE SE PERSIGUEN. POR OTRA PARTE SE DA EL CASO, DEBIDO A UN EFECTO DE SINERGISMO, DE QUE ALGUNOS ADITIVOS VIENEN A REFORZAR LA ACCION PROPIA DE OTROS. POR LO EXPUESTO, SE COMPRENDE QUE CUANDO SEA NECESARIO EL REPONER NIVEL EN UN SISTEMA QUE CONTenga ACEITE ADITIVADO, SE UTILICE SIEMPRE EL MISMO TIPO QUE SE ESTA USANDO. HOY EN DIA, LA MAYORIA DE LUBRICANTES NECESITAN DE SU ADITIVACION PARA LLEVAR A BUEN FIN LA MISION QUE SE LES ENCOMIENDA. CONFORME LOS ADITIVOS SE VAN DEGRADANDO CON EL USO, EL ACEITE VA PERDIENDO SUS PROPIEDADES INICIALES, Y POR ELLO SE COMPRENDE QUE SEA NECESARIO EL RESPETAR LOS PERIODOS ESTIPULADOS PARA LA RENOVACION DE AQUEL NO SOBRE PASANDOLOS.

MEJORADORES DE INDICE DE VISCOSIDAD:

ESTOS ADITIVOS NO MODIFICAN LAS PROPIEDADES INTRINSECAS DEL ACEITE, TALES COMO LA ESTABILIDAD TERMICA Y QUIMICA, SIENDO ADEMAS COMPATIBLES CON OTRO ADITIVO.

LA ACCION DE ESTOS ADITIVOS SOBRE EL ACEITE SE TRADUCEN EN UN ESPESAMIENTO GENERAL DEL ACEITE MAS PRONUNCIADO A TEMPERATURAS ELEVADAS QUE SE TRADUCE CON EL AUMENTO DEL INDICE DE VISCOSIDAD.

EL INDICE DE VISCOSIDAD EN UN NUMERO ARBITRARIO, CALCULADO MEDIANTE LA DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DEL LUBRICANTE TOMADA A DOS DISTINTAS

TEMPERATURAS, EL CUAL INDICA LA RESISTENCIA QUE TIENE UN LUBRICANTE A CAMBIAR SU VISCOSIDAD CON LA TEMPERATURA. CUANDO EL VALOR DE INDICE DE VISCOSIDAD ES MAS ALTO, AUMENTA LA RESISTENCIA DEL LUBRICANTE A ESPESARSE A BAJAS TEMPERATURAS Y A LICUARSE A ALTAS.

EL VALOR DEL INDICE DE VISCOSIDAD CON QUE SE FORMULA UN LUBRICANTE, DEPENDE DEL USO DEL MISMO. LOS ACEITES PARA MOTOR Y LOS FLUIDOS PARA TRANSMISIONES AUTOMATICAS NORMALMENTE TIENEN UN INDICE DE VISCOSIDAD ENTRE 85 Y 150, MIENTRAS QUE ALGUNOS ACEITES HIDRAULICOS Y ACEITES ESPECIALES REQUIEREN VALORES DE INDICE DE VISCOSIDAD DE 200 O MAS.

LOS MEJORADORES DE INDICE DE VISCOSIDAD SON PRODUCTOS QUIMICOS QUE SE AGREGAN A LOS ACEITES LUBRICANTES CON LA FINALIDAD DE OBTENER UN PRODUCTO LO MÁS CERCANO POSIBLE AL LUBRICANTE IDEAL, POR EJEMPLO, UNO CUYA VISCOSIDAD PERMANEZCA INALTERABLE POR LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA. TODOS LOS MEJORADORES DE INDICE DE VISCOSIDAD CONOCIDOS SON POLIMEROS DE LOS SIGUIENTES TIPOS:

- 1° POLISOBUTENOS
- 2° COPOLIMEROS DE ALQUIL METACRILATO
- 3° COPOLIMEROS DE ALQUIL ACRILATO
- 4° COPOLIMEROS DE VINIL ACETATO-ALQUIL FUMARATOS
- 5° POLIESTIRENO ALQUILATADO

DE ESTOS, LOS TIPOS MAS UTILIZADOS CON EL 1 Y 2.

PARA SU FABRICACION , LOS PRODUCTOS DEL TIPO 1 SE OBTIENEN MEDIANTE LA POLIMERIZACION DEL ISOBUTENO A BAJAS TEMPERATURAS Y EN PRESENCIA DEL CATALIZADOR DE FRIEDEL-CRATIS. LOS TIPOB 2, 3 Y 4 SE OBTIENEN GENERALMENTE MEDIANTE LA POLIMERIZACION INICIAL DE UN RADICAL LIBRE DE UN ESTER MONOMERICO INSATURADO. NORMALMENTE, LOS MEJORADORES DEL INDICE DE VISCOSIDAD TIENEN PESOS MOLECULARES QUE FLUCTUAN DE 4,500 A 1,700,000 Y SU ACCION SE ENCUENTRA LIMITADA POR SU CONCENTRACION Y SU PESO MOLECULAR.

1.2 ANTECEDENTES

CON EL GRAN AVANCE DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ LOS ACEITES MULTIGRADOS HAN VENIDO A SUSTITUIR A LOS ACEITES MONOGRADOS YA QUE TIENEN LA PROPIEDAD DE TENER ADITIVOS MEJORADORES DE INDICE DE VISCOSIDAD, LOS CUALES PROVOCAN EN EL ACEITE UN ESPESAMIENTO GENERAL EN EL MISMO SIENDO ESTE MAS PRONUNCIADO A TEMPERATURAS ELEVADAS QUE SE TRADUCEN EN UN INCREMENTO DEL INDICE DE VISCOSIDAD, EN LOS ACEITES MULTIGRADOS EL INDICE DE VISCOSIDAD AYUDA A QUE AUMENTE LA RESISTENCIA DEL LUBRICANTE A ESPESARSE A BAJAS TEMPERATURAS Y A LICUARSE A ALTAS TEMPERATURAS.

DE ACUERDO A LAS EXIGENCIAS DEL MERCADO NOS VIMOS EN LA NECESIDAD DE AUMENTAR LA PRODUCCION DE LOS ACEITES MULTIGRADOS, TENIENDO EL PROBLEMA DE QUE ERA PRACTICAMENTE IMPOSIBLE MEZCLAR UN LOTE DE ACEITE MULTIGRADO A LA PRIMERA VEZ, EL CUAL TENIA QUE LLEVAR DOS O TRES AJUSTES PARA PODER ASEGURAR SU HOMOGENEIDAD CUMPLIENDO DENTRO DE ESPECIFICACIONES, LO CUAL NOS LLEVABA TRES DIAS DE DOS TURNOS PARA SU ELABORACION.

POR LO CUAL SE TOMO LA DECISION DE APLICAR UNA TECNICA ESTADISTICA PARA CONOCER LAS VARIABLES QUE DEBEMOS DE CONTROLAR PARA PODER ELABORAR UN LOTE A LA PRIMERA VEZ CON CERO AJUSTES.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

LA VISCOSIDAD DEL ACEITE LUBRICANTE ES UNA CARACTERISTICA IMPORTANTE EN ESTE TIPO DE PRODUCTOS POR EL DESTINO QUE TIENEN, POR SU USO, Y SIENDO LOS TANQUES DE MEZCLADO DE UNA GRAN CAPACIDAD (70,000 LITROS O MÁS), EXISTE LA DUDA SI LA MUESTRA ($N = 1$) EXTRAIDA PARA SU ANALISIS REPRESENTA VERDADERAMENTE AL TOTAL DE LA PRODUCCION DE DICHO TANQUE. SI HUBIESE HOMOGENEIDAD, UNA SÓLA OBSERVACIÓN SERIA SUFICIENTE PARA INDICAR SI EL ANALISIS DE LABORATORIO ASI LO DETERMINA QUE TODO EL PRODUCTO ESTA LISTO PARA PASAR AL DEPARTAMENTO DE LLENADO Y SER ENTREGADO AL CLIENTE.

INCLUSIVE, PARA FINES DE CONTROL DE CALIDAD DEL TIPO DE ACEITE O TIPO DE FAMILIA DE ACEITES, PODRIA UTILIZARSE UNA CARTA DE INDIVIDUOS O UNA DE PROMEDIOS Y RANGOS MOVILES, HACIENDO MAS BARATA LA INSPECCION.

SEGUN LO MENCIONADO, EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACION SE CONCRETA A "PROBAR LA HOMOGENEIDAD DE LA VISCOSIDAD A VARIAS ALTURAS Y POSICIONES DEL TANQUE PARA FINES DE CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DEL PROCESO DE MANUFACTURA".

CAPITULO II

CAPITULO II.

2.1 DISEÑO ESTADISTICO DEL EXPERIMENTO Y SU REALIZACION.

HABIDA CUENTA DEL OBJETIVO DEL ESTUDIO Y OBSERVANDO LAS CONDICIONES DEL TANQUE DE MEZCLADO Y DE LOS TIPOS DE ACEITE FABRICADOS, SE SELECCIONARON.

- 1.- TANQUE NUMERO 17 CON CAPACIDAD DE 70,000 LITROS Y ALTURA SUPERIOR A LOS 8 METROS.
- 2.- ACEITE MULTIGRADO DELVAC SUPER 1300 PARA HACER LA EXPERIMENTACIÓN SOBRE VISCOSIDAD.

EN EL TANQUE POR LA PARTE SUPERIOR, SE ENCUENTRAN 3 POSICIONES EN DONDE PUEDEN EXTRAERSE MUESTRAS A DIVERSAS ALTURAS, ELLO ME LLEVO A CONSIDERAR EN EL DISEÑO ESTADISTICO.

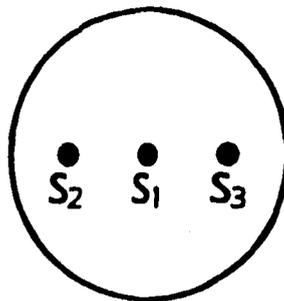
VARIABLE RESPUESTA: VISCOSIDAD

VARIABLES INDEPENDIENTES:

1. PROFUNDIDAD DEL TANQUE (CUANTITATIVA)
2. POSICION DEL TANQUE (CUALITATIVA)

GRAFICAMENTE SE APRECIA ASI:

FIGURA 1
VISTA SUPERIOR DEL TANQUE DE MEZCLADO
MOSTRANDO LOS NIVELES DE LA VARIABLE
POSICION.



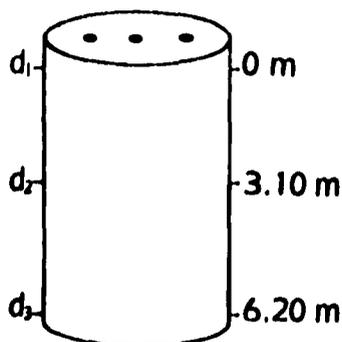


FIGURA 2.
PROFUNDIDAD DEL TANQUE Y SUS NIVELES.

DE ACUERDO CON LAS FIGURAS 1 Y 2, LOS NIVELES DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES, SON:

PROPIEDAD DEL TANQUE	PROPIEDAD DEL TANQUE
d1 = 0 m	S1 = CENTRO DEL TANQUE
d2 = 3.10 m	S2 = LADO IZQUIERDO DEL TANQUE
d3 = 6.20 m	S3 = LADO DERECHO DEL TANQUE

2.2 REPETICION DEL EXPERIMENTO.

UNO DE LOS PRINCIPIOS BASICOS DEL DISEÑO ESTADISTICO DE EXPERIMENTOS ES LA REPETICION DEL EXPERIMENTO LO CUAL PERMITE UNA MEJOR ESTIMACION DEL ERROR EXPERIMENTAL HACIENDO CON ELLO MAS CONFIABLES LAS PRUEBAS DE SIGNIFICACION DETECTANDOSE, ADEMAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS MAS PEQUEÑAS ENTRE TRATAMIENTOS. EN NUESTRO CASO, DESPUES DE MEDIR LAS POSIBILIDADES (CARGAS DE TRABAJO) DEL DEPARTAMENTO DE MEZCLADO, DECIDIMOS REPETIR EL EXPERIMENTO DURANTE 3 SEMANAS QUEDANDO, FINALMENTE, EL DISEÑO ASI:

TABLA No. 1

EXPERIMENTO FACTORIAL 3 X 3 CON 3 REPETICIONES MOSTRANDO LAS COMBINACIONES TRATAMIENTO.

S	d	PROFUNDIDAD		
		d1	d2	d3
P O S I C I O N	S1	(1) S1d1	(2) S1d2	(3) S1d3
	S2	(4) S2d1	(5) S2d2	(6) S2d3
	S3	(7) S3d1	(8) S3d2	(9) S3d3

2.3 ALEATORIZACION DEL EXPERIMENTO.

OTRO PRINCIPIO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL ES LA ALEATORIZACION DEL EXPERIMENTO, ELLO PERMITE PROMEDIAR EL EFECTO DEL LOS FACTORES O VARIABLES INDEPENDIENTES NO-CONTROLADAS.

DE ACUERDO A LA NUMERACION PUESTA EN LAS CELDAS DE LAS COMBINACIONES-TRATAMIENTO SE HACE LA ALEATORIZACION UTILIZANDO UNA TABLA DE NUMEROS ALEATORIOS. DE LA TABLA SELECCIONADA SE TOMARON NUMEROS DE 1 DIGITO DEL 1 AL 9. ESTOS FUERON LOS RESULTADOS INDICANDOSE, DE ACUERDO AL NUMERO ALEATORIO, EL ORDEN DE OPERACION.

TABLA No. 2

ALEATORIZACION DEL EXPERIMENTO PARA LAS TRES PRIMERAS SEMANAS.

PRIMERA SEMANA			SEGUNDA SEMANA			TERCERA SEMANA		
ORDEN DE OPERACION	NUMERO ALEATORIO	COMBINACION TRATAMIENTO	ORDEN DE OPERACION	NUMERO ALEATORIO	COMBINACION TRATAMIENTO	ORDEN DE OPERACION	NUMERO ALEATORIO	COMBINACION TRATAMIENTO
1	(2)	0102	1	(6)	0200	1	(8)	0302
2	(8)	0200	2	(9)	0200	2	(9)	0100
3	(1)	0101	3	(4)	0201	3	(7)	0201
4	(5)	0202	4	(7)	0201	4	(2)	0102
5	(9)	0200	5	(2)	0100	5	(9)	0300
6	(4)	0201	6	(6)	0202	6	(1)	0101
7	(7)	0301	7	(8)	0100	7	(6)	0200
8	(2)	0100	8	(9)	0202	8	(4)	0201
9	(9)	0300	9	(1)	0101	9	(8)	0200

2.4 MODELO MATEMATICO.

EL MODELO MATEMATICO PARA ESTE EXPERIMENTO ES:

$$Y_{ijk} = \mu + d_i + s_j + ds_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

DONDE: $i = 1, 2, 3$ $j = 1, 2, 3$ $k = 1, 2, 3$

SIENDO: $d =$ PROFUNDIDAD DEL TANQUE DE MEZCLADO

$s =$ POSICION DEL TANQUE DE MEZCLADO

EL MODELO INDICADO DA ORIGEN A LA SIGUIENTE TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

TABLA No 3.

**ANALISIS DE VARIANZA PARA EL FACTORIAL 3 X 3 CON 3 REP 8 - 1 MOSTRANDO
LAS FUENTES DE VARIACION Y LOS GRADOS DE LIBERTAD.**

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
PROFUNDIDAD (d)	$(d1 - 1) = 2$
POSICION (S)	$(S1 - 1) = 2$
d X S	$(d1 - 1)(S - 1) = 4$
ERROR	$dS (k - 1) = 18$
TOTAL	$n - 1 = 26$

2. 5 DESARROLLO DE LA INVESTIGACION.

CADA UNA DE LAS 3 SÉMANAS SE LLEVO EL TANQUE No 17 CON 70,000 LITROS DE BASICO Y ADITIVOS PARA PRODUCIR EL MULTIGRADO DELVAC SUPER 1300, TOMANDOSE MUESTRAS SEGUN EL ORDEN DE OPERACION SEÑALADO EN LA ALEATORIZACION DEL EXPERIMENTO. A CADA REPETICION-SEMANA SE LE LLAMO EXPERIMENTO, ESPECIFICANDOSE EN CADA UNA:

- NUMERO DE LOTE
- TIEMPO DE AGITACION
- TEMPERATURA DE AGITACION
- PRESION DE AIRE
- TIPO DE VISCOSIMETRO

ADEMAS SE TUVO CUIDADO DE VER QUE EL MISMO ANALISTA QUIMICO FUERA EL ENCARGADO DE HACER LAS DETERMINACIONES DE VISCOSIDAD Y DE SER TAMBIEN EL MISMO INVESTIGADOR EL ENCARGADO DE EXTRAER LAS MUESTRAS DEL TANQUE. LOS RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACION QUIMICA SE DAN EN EL SIGUIENTE CAPITULO.

CAPITULO III

CAPITULO III

RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACION

REPORTE DE RESULTADOS DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS 3 X 3 CON 3 REPETICIONES DEL PRODUCTO MULTIGRADO DELVAC SUPER 1300.

3.1 EXPERIMENTO 1

PRODUCTO: DELVAC SUPER 1300
TANQUE: 17
LOTE: 40165
VOLUMEN: 70,000 LITROS
TIEMPO DE AGITACION: 3 HORAS
TEMPERATURA DE AGITACION: 21 °C, 24 °C, 25 °C, 23 °C
PRESION DE AIRE: 6.4, 6.2, 6.2, 6.4 KILOS/ CM3
PRUEBA A CONTROLAR: VISCOSIDAD A 100 ° C
ESPECIFICACION DE VISCOSIDAD A 100 ° C : 13.6 - 15.0 CST
VISCOSIMETRO: TUBO 200K 680 FACTOR 0.10311

RESULTADOS:

ORDEN DE OPERACION	COMBINACION TRATAMIENTO	VISCOSIDAD DEL PRIMER MUESTRO	VISCOSIDAD DEL SEGUNDO MUESTRO	TIEMPOS DEL MUESTRO 1	TIEMPOS DEL MUESTRO 2
1	0100	14.31	14.41	130.77, 130.80	130.79, 130.82
2	0202	14.327	14.34	130.30, 130.86	130.91, 130.17
3	0101	13.87	14.30	130.10, 130.80	130.80, 130.42
4	0203	14.30	14.31	130.40, 130.27	130.75, 130.82
5	0205	14.32	14.31	130.91, 130.97	130.05, 130.84
6	0201	14.307	14.41	130.80, 130.80	130.83, 140.11
7	0301	14.30	14.22	140.30, 140.92	137.83, 130.10
8	0100	14.30	14.34	130.77, 130.80	130.11, 130.11
9	0200	14.30	14.30	130.47, 130.80	130.79, 130.80

3.2 EXPERIMENTO 2

PRODUCTO: DELVAC SUPER 1300
TANQUE: 17
LOTE: 40266
VOLUMEN: 70,000 LITROS
TIEMPO DE AGITACION: 3 HORAS
TEMPERATURA DE AGITACION: 21° C, 20° C, 21° C, 21° C
PRESION DE AIRE: 6.4, 6.2, 6.2, 6.4 KILOS / CM3
PRUEBA A CONTROLAR: VISCOSIDAD A 100° C
ESPECIFICACION DE VISCOSIDAD A 100° C: 13.8 - 15.0 cSt
VISCOSIMETRO: TUBO 200 K 680 FACTOR 0.10311

RESULTADOS :

ORDEN DE OPERACION	COMBINACION TRATAMIENTO	VISCOSIDAD DEL PRIMER MUESTRO	VISCOSIDAD DEL SEGUNDO MUESTRO	TIEMPOS DEL MUESTRO 1	TIEMPOS DEL MUESTRO 2
1	8203	14.466	14.378	140.48 , 139.80	139.89 , 139.21
2	8303	14.448	14.384	140.23 , 140.08	139.589 , 140.01
3	8301	14.45	14.4108	140.16 , 139.89	139.85 , 139.87
4	8301	14.436	14.382	139.79 , 140.9	139.41 , 139.78
5	8102	14.44	14.38	140.34 , 140.08	139.21 , 139.35
6	8202	14.40	14.388	140.97 , 140.34	139.34 , 139.18
7	8102	14.40	14.417	140.48 , 140.51	139.88 , 139.87
8	8302	14.411	14.34	139.85 , 139.89	139.12 , 139.89
9	8101	14.404	14.385	139.78 , 139.84	139.43 , 139.89

3.3 EXPERIMENTO 3

PRODUCTO: DELVAC SUPER 1300
TANQUE: 17
LOTE: 40288
VOLUMEN: 70,000 LITROS
TIEMPO DE AGITACION: 3 HORAS
TEMPERATURA DE AGITACION: 27°C, 26°C, 28°C, 25°C
PRESION DE AIRE: 6.4, 6.6, 6.7, 6.4
PRUEBA A CONTROLAR: VISCOSIDAD A 100°C
ESPECIFICACION DE VISCOSIDAD A 100°C: 13.8 - 15.0 cSt
VISCOSIMETRO: TUBO 200 K 680 FACTOR 0.10311

RESULTADOS :

ORDEN DE OPERACION	COMBINACION TRATAMIENTO	VISCOSIDAD DEL PRIMER MUESTREO	VISCOSIDAD DEL SEGUNDO MUESTREO	TIEMPOS DEL MUESTREO 1	TIEMPOS DEL MUESTREO 2
1	S342	14.188	14.188	137.38 , 137.68	137.63 , 137.21
2	S148	14.1848	14.28	137.87 , 137.87	137.84 , 137.68
3	S341	14.187	14.148	137.38 , 137.48	137.14 , 137.28
4	S148	14.3638	14.887	137.87 , 137.88	138.87 , 138.87
5	S348	14.183	14.1811	137.84 , 137.18	137.84 , 137.84
6	S149	14.381	14.382	138.12 , 138.88	138.88 , 138.88
7	S342	14.18	14.178	137.38 , 137.38	137.38 , 137.18
8	S341	14.184	14.214	137.43 , 137.12	138.11 , 137.181
9	S348	14.14	14.218	137.22 , 137.88	138.8 , 137.78

CAPITULO IV

CAPITULO IV

4.1 ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACION

LOS DATOS REPORTADOS EN EL CAPITULO III, LOS ORDENAMOS EN TABLAS PARA FACILITAR EL ANALISIS ESTADISTICO, TENIENDO ASI:

- TABLA N° 1** RESUMEN DE LOS DATOS DEL DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON TRES REPETICIONES Y DOS DETERMINACIONES POR CELDA.
- TABLA N° 2** DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON TRES REPETICIONES, 1ª DETERMINACION EN LA CELDA. RESUMEN DE DATOS.
- TABLA N° 3** DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON TRES REPETICIONES. ANALISIS DE LA PRIMERA DETERMINACION. TABLA DE DOBLE ENTRADA REPETICIONES Y POSICIONES (R X S)
- TABLA N° 4** DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON TRES REPETICIONES. ANALISIS DE LA PRIMERA DETERMINACION. TABLA DE DOBLE ENTRADA (d X S)
- TABLA N° 5** DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON TRES REPETICIONES. ANALISIS DE LA PRIMERA DETERMINACION. TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA
- TABLA N° 6** DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON TRES REPETICIONES. 2ª DETERMINACION DE LA CELDA. RESUMEN DE DATOS.
- TABLA N° 7** DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON TRES REPETICIONES. ANALISIS DE LA SEGUNDA DETERMINACION. TABLA DE DOBLE ENTRADA REPETICIONES X POSICIONES. (R X S)
- TABLA N° 8** DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON TRES REPETICIONES. ANALISIS DE LA SEGUNDA DETERMINACION. TABLA DE DOBLE ENTRADA PROFUNDIDAD X POSICION (d X S)
- TABLA N° 9** DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON TRES REPETICIONES. ANALISIS DE LA SEGUNDA DETERMINACION. TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA
- TABLA N° 10** DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON DOS REPETICIONES. PRIMERA EXPERIMENTACION. RESUMEN DE DATOS.

TABLA N° 11 DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON DOS REPETICIONES.
PRIMERA EXPERIMENTACION.
TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

TABLA N° 12 DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON DOS REPETICIONES
SEGUNDA EXPERIMENTACION.
TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

TABLA N° 13 DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON DOS REPETICIONES.
SEGUNDA EXPERIMENTACION.
TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

TABLA N° 14 DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON DOS REPETICIONES.
TERCERA EXPERIMENTACION.
TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

TABLA N° 15 DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON DOS REPETICIONES.
TERCERA EXPERIMENTACION.
TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA.

TABLA N° 1

RESUMEN DE LOS DATOS DEL DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 3 REPETICIONES Y DOS DETERMINACIONES POR CELDA.

CARACTERISTICA: VISCOSIDAD DEL ACEITE DELVAC SUPER 1300.

REPETICION (R)	POSICION (S)	PROFUNDIDAD DEL TANQUE (d)		
		d1 = 0 m	d2 = 3.10 m	d3 = 6.20 m
I	S1	13.97	14.31	14.29
		14.36	14.41	14.34
		14.297	14.36	14.32
	S2	14.41	14.31	14.31
		14.50	14.327	14.39
		14.22	14.34	14.39
II	S1	14.404	14.44	14.490
		14.385	14.36	14.417
		14.430	14.49	14.455
	S2	14.4108	14.359	14.378
		14.424	14.411	14.448
		14.392	14.24	14.394
III	S1	14.331	14.2028	14.1848
		14.302	14.097	14.20
		14.154	14.16	14.14
	S2	14.214	14.178	14.213
		14.167	14.165	14.163
		14.145	14.189	14.1811

VOLUMEN DEL TANQUE: 70,000 LITROS
 TIEMPO DE AGITACION: 3 HORAS
 ESPECIFICACIONES DE VISCOSIDAD: 13.8 A 15.0 CST

	TEMPERATURAS PROMEDIO DE AGITACION, °C	PRESIONES PROMEDIO DE AIRE, KG/CM3
1ª REPETICION	23.25	6.30
2ª REPETICION	20.75	6.30
3ª REPETICION	25.75	6.53

TABLA N° 2

DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 3 REPETICIONES

1° DETERMINACION EN LA CELDA

RESUMEN DE DATOS

PROFUNDIDAD DEL TANQUE (d)

POSICIONES (S)	d1 = 0 m	d2 = 3.10 m	d3 = 6.20 m	TOTAL
S1	13.97 14.404 42.705 14.331	14.31 14.44 42.9528 14.2028	14.29 14.49 42.9648 14.1848	128.6226
S2	14.297 14.43 42.881 14.154	14.36 14.49 43.01 14.18	14.32 14.455 42.915 14.14	128.806
S3	14.5 14.424 43.091 14.187	14.327 14.411 42.903 14.185	14.39 14.448 43.001 14.163	128.995
TOTAL	128.677	128.6658	128.8808	386.4236

TABLA N° 3

**DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 3 REPETICIONES
ANALISIS DE LA PRIMERA DETERMINACION**

**TABLA DE DOBLE ENTRADA
REPETICIONES X POSICIONES
(R X S)**

POSICION (S)	REPETICIONES			TOTAL
	R1	R2	R3	
81	42.57	43.334	42.7186	128.6226
82	42.977	43.375	42.454	128.806
83	43.217	42.283	42.495	128.995
TOTAL	128.764	129.992	127.6676	386.4236

$$SC (REPET.) = 5530.769317 - 5530.488838 = 0.300479$$

$$SC (POSIC.) = 5530.496543 - 5530.488838 = 0.0077054$$

TABLA N° 4

DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 3 REPETICIONES
ANÁLISIS DE LA PRIMERA DETERMINACION
TABLA DE DOBLE ENTRADA
PROFUNDIDAD X POSICION
(d X S)

PROFUNDIDAD (d)				
POSICION (S)	d1 = 0 m	d2 = 3.10 m	d3 = 6.20 m	TOTAL
S1	42.705	42.9528	42.9648	128.6226
S2	42.881	43.01	42.915	128.806
S3	43.091	42.903	43.001	128.995
TOTAL	128.667	128.8658	128.8808	386.4236

$$SC (PROF.) = 5530.491705 - 5530.488838 = 0.002867$$

$$SC (CELDAS) = 5530.519755 - 5530.488838 = 0.030917$$

$$SC (d X S) = SC_c - SC_d - SC_s = 0.0203446$$

$$SC Total = 5530.964919 - 5530.488838 = 0.496081$$

TABLA N° 6

DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 3 REPETICIONES
ANÁLISIS DE LA PRIMERA DETERMINACIÓN
TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	PRUEBA F
REPETICIONES (R)	2	0.300470	0.1502350	14.6 **
PROFUNDIDAD (d)	2	0.002867	0.0014335	0.14
POSICION (S)	2	0.0077054	0.0038527	0.37
d X S	4	0.02003446	0.005008616	0.49
ERROR	18	0.164685	0.0102928	
TOTAL	26	0.496081		

EN TABLAS DE LA DISTRIBUCION F DE SNEDECOR:

F (2,18) 5% = 3.83

F (2,18) 10% = 6.23

F (4,18) 5% = 3.01

OBSERVACIONES:

- * LAS DIFERENCIAS ENTRE REPETICIONES O EXPERIMENTACIONES SON ALTAMENTE SIGNIFICATIVAS.
- * NO HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS 3 PROFUNDIDADES DEL TANQUE.
- * NO HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS 3 POSICIONES DEL TANQUE.
- * Y, POR SU PUESTO, NO HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN LA INTERACCION PROFUNDIDAD X POSICION. (d X S).

TABLA N° 6

DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 3 REPETICIONES
 2º DETERMINACION DE LA CELDA
 RESUMEN DE DATOS.

PROFUNDIDAD DEL TANQUE (d)				
POSICIONES (S)	d1 = 0 m	d2 = 3.10 m	d3 = 0.20 m	TOTAL
81	14.36 14.388 14.302 43.047	14.41 14.38 14.097 42.867	14.34 14.417 14.2 42.957	128.871
82	14.41 14.4106 14.214 43.0348	14.31 14.359 14.178 42.847	14.31 14.378 14.213 42.901	128.7826
83	14.22 14.392 14.148 42.767	14.34 14.24 14.189 42.748	14.39 14.384 14.1811 42.9451	128.4511
TOTAL	128.8386	128.463	128.8031	386.1047

TABLA N° 7

**DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 3 REPETICIONES
ANÁLISIS DE LA SEGUNDA DETERMINACION**

**TABLA DE DOBLE ENTRADA
REPETICIONES X POSICIONES
(R X S)**

REPETICIONES				
POSICION (S)	R1	R2	R3	TOTAL
81	43.11	43.162	42.599	128.871
82	43.03	43.1476	42.605	128.7826
83	42.95	43.026	42.4751	128.4511
TOTAL	129.09	129.3356	127.6761	386.1047

$$SC (REPET) = 5521.542011 - 5521.364421 = 0.17759$$

$$SC (POSIC.) = 5521.37531 - 5521.364421 = 0.0108894$$

$$SC (TOTAL) = 5521.618873 - 5521.364421 = 0.2544515$$

TABLA N° 8

**DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 3 REPETICIONES
ANÁLISIS DE LA SEGUNDA DETERMINACION**

**TABLA DE DOBLE ENTRADA
PROFUNDIDAD X POSICION
(d X S)**

PROFUNDIDAD (d)				
POSICION (S)	d1 = 0 m	d2 = 3.10 m	d3 = 8.20 m	TOTAL
S1	43.047	42.867	42.957	128.871
S2	43.0346	42.847	42.901	128.7826
S3	42.757	42.749	42.9451	128.4511
TOTAL	128.8386	128.463	128.8031	386.1047

$$SC (PROF.) = 5521.373976 - 5521.364421 = 0.0096$$

$$SC (POSIC.) = 5521.37351 - 5521.364421 = 0.0108894$$

$$SC (CELDAS) = 5521.395138 - 5521.364421 = 0.0307173$$

$$SC (d X S) = SCc - SCd - SCs = 0.0102279$$

TABLA N° 9

**DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 3 REPETICIONES
ANÁLISIS DE LA SEGUNDA DETERMINACION**

TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	PRUEBA (F)
REPETICIONES (R)	2	0.17759	0.088795	21.33**
PROFUNDIDAD (d)	2	0.0096	0.0048	1.153
POSICION (S)	2	0.0108894	0.0054446	1.31
d X S	4	0.0102279	0.002551	0.61
ERROR	16	0.0668	0.004183	
TOTAL	26	0.2544516		

DE LAS TABLAS DE LA DISTRIBUCION (F) DE SNEDECOR.

$F(2,16), 5\% = 3.63$

$F(2,16), 1\% = 6.23$

$F(4,16), 5\% = 3.01$

OBSERVACIONES:

- * LAS DIFERENCIAS ENTRE REPETICIONES O EXPERIMENTACIONES SON ALTAMENTE SIGNIFICATIVAS.
- * NO HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS 3 PROFUNDIDADES DEL TANQUE.
- * NO HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS 3 POSICIONES DEL TANQUE.
- * NO HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN LA INTERACCION PROFUNDIDAD Y POSICION (d X S).

CON EL FIN DE PROBAR LA HOMOGENEIDAD DE LAS 2 DETERMINACIONES HECHAS EN CADA EXPERIMENTACION O REPETICION SEMANAL, TOMADAS CON INTERVALOS APROXIMADOS DE 15 MINUTOS, PROCEDEMOS DE LA SIGUIENTE MANERA:

TABLA N° 10

DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 2 REPETICIONES
PRIMERA EXPERIMENTACION.
RESUMEN DE DATOS

PROFUNDIDAD (d)				
POSICION (S)	d1 = 0m	d2 = 3.10 m	d3 = 8.20 m	TOTAL
81	13.97 <u>14.36</u> 28.33	14.31 <u>14.41</u> 28.72	14.29 <u>14.34</u> 28.63	86.68
82	14.297 <u>14.41</u> 28.707	14.36 <u>14.31</u> 28.67	14.32 <u>14.31</u> 28.63	86.007
83	14.5 <u>14.22</u> 28.72	14.327 <u>14.34</u> 28.667	14.39 <u>14.39</u> 28.78	86.167
TOTAL	86.757	86.057	86.04	257.854

$$SC (PROF.) = 3693.825316 - 3693.815851 = 0.009465$$

$$SC (POSIC.) = 3693.83639 - 3693.815851 = 0.0205389$$

$$SC (d \times S) = SC c - SC d - SC s = 0.0369144$$

$$SC (TOTAL) = 3694.012038 - 3693.815851 = 0.196187$$

TABLA N° 11

**DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 2 REPETICIONES
PRIMERA EXPERIMENTACION**

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	PRUEBA (F)
PROFUNDIDAD (d)	2	0.009466	0.004733	0.33
POSICION (s)	2	0.0205386	0.0102693	0.72
d X s	4	0.0369144	0.0092286	0.64
ERROR	9	0.129269	0.0143632	
TOTAL	17	0.196187		

DE LAS TABLAS DE DISTRIBUCION (F) DE SNEDECOR.

$F(2,9), 5\% = 4.26$

$F(4,9), 5\% = 3.63$

OBSERVACIONES:

• NO HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE

- LOS TRES NIVELES DE PROFUNDIDAD DEL TANQUE.
- LOS TRES NIVELES DE POSICION DEL TANQUE.

• LA INTERACCION PROFUNDIDAD X POSICION.

(d X s) NO ES SIGNIFICATIVA.

TABLA N° 12

DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 2 REPETICIONES
SEGUNDA EXPERIMENTACION
RESUMEN DE DATOS

PROFUNDIDAD (d)				
POSICION (S)	d1 = 0 m	d2 = 3.10 m	d3 = 6.20 m	TOTAL
81	14.404 14.385 28.789	14.44 14.38 28.8	14.49 14.417 28.907	86.496
82	14.43 14.4108 28.8408	14.49 14.359 28.849	14.455 14.378 28.833	86.5226
83	14.424 14.392 28.818	14.411 14.24 28.651	14.448 14.394 28.847	86.309
TOTAL	86.4456	86.3	86.662	259.3276

$SC (PROFUND.) = 3738.162414 - 3738.155785 = 0.006629$
 $SC (POSIC.) = 3738.160301 - 3738.155785 = 0.004516$
 $SC (CELDAS) = 3738.175345 - 3738.155785 = 0.0195596$
 $SC (d X S) = SC c - SC d - SC s = 0.0084146$
 $SC (TOTAL) = 3738.209713 - 3738.155785 = 0.0539283$

TABLA N° 13

**DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 2 REPETICIONES
SEGUNDA EXPERIMENTACION**

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

FUENTE DE VARIACION	GRADOS LIBRES	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	PRUEBA (F)
PROFUNDIDAD (d)	2	0.006629	0.0033146	0.87
POSICION (S)	2	0.004516	0.002258	0.59
d X S	4	0.0084146	0.0021037	0.55
ERROR	9	0.0343687	0.0038187	
TOTAL	17	0.0539283		

DE LAS TABLAS DE LA DISTRIBUCION (F) DE SNEDECOR.

$F(2,9), 5\% = 4.26$

$F(4,9), 5\% = 3.63$

OBSERVACIONES:

* NO HAY DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE:

- LOS TRES NIVELES DE PROFUNDIDAD DEL TANQUE.
- LOS TRES NIVELES DE POSICION DEL TANQUE.

* LA INTERACCION PROFUNDIDAD X POSICION.
(d X S) NO ES SIGNIFICATIVA.

TABLA N° 14

DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 2 REPETICIONES
 TERCERA EXPERIMENTACION
 RESUMEN DE DATOS

PROFUNDIDAD (d)				
POSICION (S)	d1 = 0 m	d2 = 3.10 m	d3 = 6.20 m	TOTAL
S1	14.331	14.2028	14.1848	65.3176
	<u>14.302</u>	<u>14.097</u>	<u>14.2000</u>	
	28.633	28.2998	28.3848	
S2	14.154	14.160	14.140	65.059
	<u>14.214</u>	<u>14.178</u>	<u>14.213</u>	
	28.368	28.338	28.353	
S3	14.167	14.185	14.1830	64.9701
	<u>14.145</u>	<u>14.189</u>	<u>14.1811</u>	
	28.312	28.334	28.3241	
TOTAL	65.313	64.9718	65.0619	255.3467

$SC (PROFUND.) = 3622.340266 - 3622.329844 = 0.010422$
 $SC (POSIC.) = 3622.340707 - 3622.329844 = 0.0108633$
 $SC (CELDAS) = 3622.371029 - 3622.329844 = 0.0411849$
 $SC (d X S) = SC c - SC d - SC s = 0.0198998$
 $SC (TOTAL) = 3622.38204 - 3622.329844 = 0.052196$

TABLA N° 16

**DISEÑO FACTORIAL 3 X 3 CON 2 REPETICIONES
TERCERA EXPERIMENTACION**

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	PRUEBA (F)
PROFUNDIDAD (d)	2	0.010422	0.005211	4.26
POSICION (s)	2	0.0108633	0.005432	4.44
d X s	4	0.0198996	0.004976	4.066
ERROR	9	0.0110111	0.0012236	
TOTAL	17	0.052196		

DE LAS TABLAS DE LA DISTRIBUCION (F) DE SNEDECOR.

F (2,9), 5 % = 4.26

F (2,9), 1 % = 8.02

F (4,9), 5 % = 3.63

F (4,9), 1 % = 6.42

4.2 OBSERVACIONES:

1º. A DIFERENCIA DE LA 1º Y 2º EXPERIMENTACION, LOS DATOS DE LA 3º EXPERIMENTACION, EN LA TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA, SE MUESTRAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS, PARA UNA CONFIANZA DEL 95%. ESTO PODRIA DEBERSE A QUE TANTO LA TEMPERATURA PROMEDIO DE AGITACION (25.75 ° C) COMO LA PRESION PROMEDIO DEL AIRE (6.53 KG / CM3) SE INCREMENTARON EN RELACION A LAS ANTERIORES.

2º. SE PODRIA DECIR QUE A LOS NIVELES DE PROFUNDIDAD NO SE ALCANZAN A DETECTAR DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS, PARA UN NIVEL DE 5 % , EL VALOR (F) PRACTICA NO REBASA LA (F) CRITICA DE LAS TABLAS.

3º. PARA LOS NIVELES DE POSICION DEL TANQUE SI SE DETECTAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA UNA CONFIANZA DE 95 % PUESTO QUE (F) PRACTICA REBASA EL VALOR DE (F) TEORICA.

4º. AL IGUAL QUE LA VARIABLE POSICION, LA INTERACCION PROFUNDIDAD X POSICION, (d X S) RESULTA TAMBIEN SIGNIFICATIVA PARA UNA CONFIANZA DE 95 %. ESTO PUEDE ACREDITARSE PRECISAMENTE A LA VARIABLE POSICION.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO V

CAPITULO V

CONCLUSIONES

EL ANALISIS ESTADISTICO DE LA INFORMACION CAPTADA EN EL EXPERIMENTO PERMITE LLEGAR A LAS SIGUIENTES CONCLUSIONES:

1º. AL DESGLOSAR LAS 2 DETERMINACIONES POR CELDA DEL EXPERIMENTO PARA ANALIZAR SEPARADAMENTE LAS 3 REPETICIONES O BLOQUES DEL EXPERIMENTO, DANDO ORIGEN A LAS TABLAS 5 Y 9 DE ANALISIS DE VARIANZA, SE APRECIAN ALTAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE REPETICIONES, LO CUAL INDICA ALTAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS DE VISCOSIDAD ENTRE TALES REPETICIONES, POSIBLEMENTE DEBIDAS A LAS CONDICIONES DE OPERACION O A LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN CADA BLOQUE (O EXPERIMENTO SEMANAL).

2º. DEBE APRECIARSE QUE DENTRO DE CADA BLOQUE NO SE APRECIAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS DE VISCOSIDAD DEBIDA A LA INFLUENCIA DE PROFUNDIDAD O POSICION, SOBRE TODO EN EL PRIMERO Y SEGUNDO BLOQUES DE EXPERIMENTACION. ESTO SE COMPRUEBA EN LAS TABLAS 11, 13 Y 15 DE ANALISIS DE VARIANZA.

3º. AL OBSERVAR LAS TABLAS 11 Y 13 SE NOTA GRAN COINCIDENCIA EN LA HOMOGENEIDAD DE LA VISCOSIDAD, ES DECIR, ESTA NO SE VE AFECTADA POR LAS DIVERSAS PROFUNDIDADES Y POSICIONES DEL TANQUE. EN AMBAS EXPERIMENTACIONES, LAS CONDICIONES DE OPERACION DEL TANQUE: TEMPERATURAS PROMEDIO DE AGITACION Y PRESION PROMEDIO DEL AIRE, SON MUY PARECIDAS, SOBRE TODO ESTA ULTIMA QUE SE IGUALA A 6.30 KG / CM³.

SIN EMBARGO, EN LA 3º REPETICION O EXPERIMENTACION SEMANAL (TABLA 15) LAS CONDICIONES FISICAS DE OPERACION DEL EXPERIMENTO CAMBIAN, LA VISCOSIDAD YA MUESTRA DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ESPECIALMENTE DEBIDAS A LA VARIABLE POSICION. AHORA BIEN, AL OBSERVAR LAS CONDICIONES DE OPERACION DEL TANQUE SE NOTA UN INCREMENTO EN LA TEMPERATURA DE AGITACION ALCANZANDO UNA TEMPERATURA MAXIMA DE 27 ° C Y UNA PRESION DE AIRE DE 6.7 KG / CM³, SIENDO QUE EN LOS DOS BLOQUES ANTERIORES OSCILARON ALREDEDOR DE 22 ° C Y 6.2 KG / CM³.

4º. AL OBSERVAR LA TABLA N° 1 SE APRECIA QUE NINGUNA DE LAS DETERMINACIONES DE VISCOSIDAD SALE DE LAS ESPECIFICACIONES.

LIMITE SUPERIOR ESPECIFICADO = 15.0 cSt

LIMITE INFERIOR ESPECIFICADO = 13.8 cSt

ES DECIR, AUN CUANDO EXISTEN ALTAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS DE VISCOSIDAD ENTRE BLOQUES O REPETICIONES, ESTAS LECTURAS SIGUEN QUEDANDO DENTRO DE LAS ESPECIFICACIONES. CONVENDRIA PROBAR ESTA CONCLUSION DETERMINANDO LA CAPACIDAD DEL PROCESO A TRAVES DE LAS CARTAS DE CONTROL.

CAPITULO VI

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

DE LAS CONCLUSIONES ANTERIORES DESPRENDEMOS LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES:

1º. MANTENER LAS CONDICIONES DE OPERACION DEL TANQUE DE ACUERDO A LAS EXPERIMENTACIONES 1 Y 2 PARA LOGRAR HOMOGENEIDAD DE LA VISCOSIDAD EN TODO EL TANQUE, AUNQUE SI LA GRAFICA KV vs T (VISCOSIDAD - TEMPERATURA) MUESTRA UNA DISTRIBUCION APRECIABLE DE LA VISCOSIDAD EN FUNCION DE LA TEMPERATURA SE RECOMIENDA LLEVAR A CABO EL MEZCLADO A UNA TEMPERATURA MAS ELEVADA.

2º. SE SUGIERE LLEVAR A CABO UN EXPERIMENTO EN DONDE SE ANALICE EL EFECTO DE TEMPERATURAS, TIEMPO DE AGITACION Y PRESIONES DE AIRE SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE VISCOSIDAD, CONTROLANDO CUIDADOSAMENTE LAS ESPECIFICACIONES DE LA MATERIA PRIMA.

3º. PARA AQUELLOS TIPOS DE ACEITE CON IGUALES ESPECIFICACIONES DE VISCOSIDAD CONSTRUIR Y MANTENER LAS CARTAS X - R, TOMANDO LAS MUESTRAS DE LOS LUGARES MAS COMODOS DEL TANQUE, HACIENDO EL ANALISIS DE DATOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE CAUSAS ASIGNABLES DE VARIACION Y CAPACIDAD DEL PROCESO, TENDIENDO SIEMPRE A MEJORARLO.

BIBLIOGRAFIA

1. **LOS LUBRICANTES**
CARACTERISTICAS . PROPIEAOES. APLICACIONES
JOSE BENLLOCH MARIA
EDICIONES CEAC
2. **CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD**
EUGENE L. GRANT
RICHARD S. LEAVENWORTH
CECSA
3. **CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD**
DOUGLAS C. MONTGOMERY
GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICA
4. **DISEÑO Y ANALISIS DE EXPERIMENTOS**
DOUGLAS C. MONTGOMERY
GRUPO EDITORIAL IBEROAMERICA
5. **PRDBABILIDAD Y ESTADISTICA**
WALPOLE - MYERS
McGRAW HILL
6. **ESTADISTICA PARA INVESTIGADORES**
GEORGE E. P. BOX
WILLIAM G. HUNTER
EDITORIAL REVERTE, S.A.
7. **MODELOS ESTADISTICAS LINEALES EN LA INVESTIGACION COMPARATIVA**
IGNACIO MENDEZ RAMIREZ
IMAS - UNAM
8. **VALORACION ESTADISTICA EN INVESTIGACION**
IGNACION MENDEZ RAMIREZ
IMAS - UNAM
9. **EL ERROR DE RESTRICION EN EL DISEÑO Y ANALISIS DE EXPERIMENTOS Y PSEUDOEXPERIMENTOS.**
IGNACIO MENDEZ RAMIREZ
IMAS - UNAM

**Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química**

**Aplicación del Diseño de Experimentos al Mejoramiento de la Calidad en
Aceites Lubricantes Multigrados: "Determinación de la Homogeneidad en
Aceites Multigrados Fabricados en Grandes Tanques de Mezclado"**

**Trabajo Escrito Via - Cursos de Educación Continua
que para Obtener el Título de INGENIERA QUIMICA**

Presenta:

Maria Raquel Rubio Garcidueñas

México, D.F.,

1998