

9 ANEXOS

9.1 Códigos en R

9.1.1 Código Diseño de experimentos 2^{5-2}

#Optimización de extracción mecánica de aceite de Jatropha Curcas

#Diseño de experimentos fraccionado 2^{5-2}

#Versión: 20-01-2014

#Julio César Betancourt Prisco

#Grupo IEXS - Universidad EAFIT

#####

#Ingreso de datos obtenidos

##Factores

###Presión de proceso(Psi)

C<-c(2300,4300,2300,4300,2300,4300,2300,4300)

###Temperatura de proceso (C)

D<-c(25,25,100,100,25,25,100,100)

###Diámetro salida torta (mm)

E<-c(9,9,9,9,18,18,18,18)

###Tamaño de grano (mm)

F<-c(9.5,2.36,2.36,9.5,9.5,2.36,2.36,9.5)

###Contenido de Cáscara (%)

G<-c(100,0,100,0,0,100,0,100)

##Variables de Respuesta

###Rendimiento de proceso de extracción

Rend<-c(1.33,14.6,8.7,20.06,10.33,9.2,16.03,11.12)

#####

#####

#Regresiones lineales

##Rendimiento de proceso de extracción

Reg_Rend<-lm(Rend~C+D+E+F+G)

summary(Reg_Rend)

9.1.2 Código diseño de experimentos *Box-Behken* y MSR

#Proyecto de grado maestría en ingeniería

#ANÁLISIS DE LOS FACTORES RELEVANTES EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN MECÁNICA

#DE ACEITE, A PARTIR DE JATROPHA CURCAS CULTIVADAS EN LA SUBREGION OCCIDENTAL

#DE ANTIOQUIA (COLOMBIA).

#Diseño de experimentos Box-Behnken y MSR

#Versión: 04-04-2014

#Julio César Betancourt Prisco

#Grupo de Investigación IEXS - Universidad EAFIT

#####

#Datos de presión (Psi)

Pr<-c(2300,4300,2300,4300,2300,4300,2300,4300,3300,3300,3300,3300,3300,3300,3300)

#Datos de temperatura (C)

Te<-c(25,25,100,100,62.5,62.5,62.5,62.5,25,100,25,100,62.5,62.5,62.5)

#Datos de Contenido de Cáscara (%)

```
Ca<-c(50,50,50,50,0,0,100,100,0,0,100,100,50,50,50)
```

```
#Interacciones y componentes cuadráticos
```

```
PrTe<-Pr*Te
```

```
PrCa<-Pr*Ca
```

```
TeCa<-Te*Ca
```

```
Prsq<-Pr*Pr
```

```
Tesq<-Te*Te
```

```
Casq<-Ca*Ca
```

```
#Variables de Respuesta
```

```
#Rendimiento
```

```
Rend<-
```

```
c(1.34,15.64,13.52,20.84,13.4,19.012,1.546,10.289,15.985,19.261,5.665,8.575,16.13,15.967,16.03  
5)
```

```
#####
```

```
#Regresión lineal multivariable
```

```
#Rendimiento
```

```
Reg_Rend<-lm(Rend~Pr+Te+Ca+PrTe+PrCa+TeCa+Prsq+Tesq+Casq)
```

```
summary(Reg_Rend)
```

```
#####
```

```
#Validación de Supuestos Regresión Lineal Multivariable
```

```
##Normalidad de residuales
```

```
#Residuales de Rendimiento
```

```
Resid_Rend <- resid(Reg_Rend)
```

```
#Gráfica Q-Q plot
```

```
par(mfrow = c(2,2))
```

```
pdf(file="Validación normalidad de residuales.pdf")
```

```
qqnorm(Resid_Rend)
```

```
qqline(Resid_Rend)
```

```
hist(Resid_Rend,col='blue',                                     xlab="Residuales  
rendimiento",ylab="Frecuencia",density=10,main=paste("Histograma Rendimiento"))
```

```
plot(density(Resid_Rend), xlab = "Residuales",ylab="Densidad" main = "")
```

```
#Validación Matemática
```

```
#Test Shapiro-Wilk
```

```
shapiro.test(Resid_Rend)
```

```
#####
```

```
##Igualdad de Varianzas (Homocedasticidad)
```

```
#Gráficamente
```

```
#Gráfica de Predicciones vs Residuos
```

```
par(mfrow = c(1,1))
```

```
pdf(file="Resumen de igualdad de varianza.pdf")
```

```
Pred_Rend<-predict(Reg_Rend)
```

```
plot(Pred_Rend, Resid_Rend, xlab="Predichos", ylab="Residuos")
```

```
abline(h=0)
```

```
#####
```

```
##Supuesto de independencia
```

```
#Gráficamente
```

```
#Gráfica de Orden de Corrida vs Residuos
```

```
par(mfrow = c(1,1))
```

```
pdf(file="Independencia de Residuales.pdf")
```

```
plot(Resid_Rend, xlab="Orden de Corrida", ylab="Residuos")
```

```
abline(h=0)
```

```
#Matemáticamente
```

```
#Para verificar la independencia de residuos se utiliza el Test de Durbin-Watson
```

```
library(lmtest)
```

```
#Test de Durbin-Watson para la presión
```

```
dwRend <- lm(Rend~Pr+Te+Ca+PrTe+PrCa+TeCa+Prsq+Tesq+Casq)
```

```
dwtest(dwRend)
```

```
#####
```

```
#Análisis ANOVA
```

```
#Creación de tabla ANOVA
```

```
ANOVA_Rend <- aov(Rend~Pr+Te+Ca+PrTe+PrCa+TeCa+Prsq+Tesq+Casq)
```

```
summary(ANOVA_Rend)
```

```
#####
```

```
#Se carga la biblioteca de superficie de respuesta
```

```
library(rsm)
```

```
#Creación del archivo .rsm con al cual se aplica la metodología
```

```
#de superficie de respuesta
```

```
Rendi.rsm <- rsm(Rend~SO(Pr,Te,Ca))
```

```
summary(Rendi.rsm)
```

```
#Gráficos de Superficie de Respuesta
```

```
par(mfrow = c(1,1))
```

```
#Gráfico de contorno de presión vs temperatura
```

```
pdf(file="Resumen de diagramas superficie de respuesta.pdf")
```

```
contour (Rendi.rsm, ~ Pr+Te,nlevels=20, col=rainbow(50),bounds = list(Te=c(0,150),  
Pr=c(1000,5000)))
```

```
title(main="Diagrama de Contorno Presión [Psi] vs Temperatura [C]")
```

```
image(Rendi.rsm, Te ~ Pr,bounds = list(Te=c(25,120), Pr=c(1000,4000)),main="Diagrama de Niveles  
Presión [Psi] vs Temperatura [C]",col=rainbow(30))
```

```
#Gráfico de superficie de respuesta de presión vs temperatura
```

```
persp(Rendi.rsm, Te ~ Pr, col=rainbow(50),bounds = list(Pr=c(2000,5000), Te=c(25,150)), zlim =  
range(0,21),main="Superficie de Respuesta Temperatura [C] vs Presión [Psi]",zlab =  
"Rendimiento",contours = list(z="down",col="orange"),d=10)
```


#Gráfico de contorno de presión vs cáscara

```
contour (Rendi.rsm, ~ Pr+Ca,nlevels=20, col=rainbow(50),bounds = list(Pr=c(1000,5000)))
```

```
title(main="Diagrama de Contorno Presión [Psi] vs Cáscara [%]")
```

```
image(Rendi.rsm, Ca ~ Pr,bounds = list(Ca=c(0,100), Pr=c(1000,4000)),main="Diagrama de Niveles  
Presión [Psi] vs Cáscara [%]",col=rainbow(30))
```

#Gráfico de superficie de respuesta de presión vs cáscara

```
persp(Rendi.rsm, Pr ~ Ca, col=rainbow(50),bounds = list(Pr=c(2000,5000), Ca=c(0,100)), zlim =  
range(0,21),main="Superficie de Respuesta Temperatura [C] vs Cáscara [%]",zlab =  
"Rendimiento",contours = list(z="down",col="orange"),d=10)
```

#Gráfico de contorno de temperatura vs cáscara

```
contour (Rendi.rsm, ~ Te+Ca,nlevels=20, col=rainbow(50),bounds = list(Te=c(0,150)))
```

```
title(main="Diagrama de Contorno Temperatura [C] vs Cáscara [%]")
```

```
image(Rendi.rsm, Ca ~ Te,bounds = list(Ca=c(0,100), Te=c(25,120)),main="Diagrama de Niveles  
Temperatura [C] vs Cáscara [%]",col=rainbow(30))
```

#Gráfico de superficie de respuesta de temperatura vs cáscara

```
persp(Rendi.rsm, Te ~ Ca, col=rainbow(50),bounds = list(Te=c(25,150), Ca=c(0,100)), zlim =  
range(0,21),main="Superficie de Respuesta Temperatura [C] vs Cáscara [%]",zlab =  
"Rendimiento",contours = list(z="down",col="orange"),d=10)
```

9.2 Código en GAMS

```
VARIABLES T,P,C,R;
EQUATIONS OBJ, R1, R2, R3, R4, R5,R6;
OBJ.. R=E=-35.64+2.153e-2*P+3.190e-1*T-4.365e-2*C-4.653e-5*P*T+1.565e-5*P*C-4.880e-
5*T*C-2.259e-6*P*P-6.753E-4*T*T-1.089E-3*C*C;
R1.. T=G=25;
R2.. T=L=150;
R3.. C=G=0;
R4.. C=L=100;
R5.. P=G=2300;
R6.. P=L=6000;

MODEL RSM /ALL/;
SOLVE RSM USING NLP MAXIMIZING R;
```