

Python Fundamentals - Proyecto Final

Correlación de
consumo
eléctrico con
tipo de producto

JOSE EDUARDO BELTRAN
DEACERO

Planteamiento del problema

Reforma energética 2013

Con la nueva reforma energética se inicio la transición de las cargas mayores a 1 MW al MEM (Mercado eléctrico mayorista), cambiando el antiguo esquema de facturación donde solamente se pagaba por la energía consumida a la compra anticipada de energía (nominación eléctrica) en un mercado de día en adelante (MDA) y la reventa/compra de excedentes/faltantes en otro mercado de tiempo real (MTR).

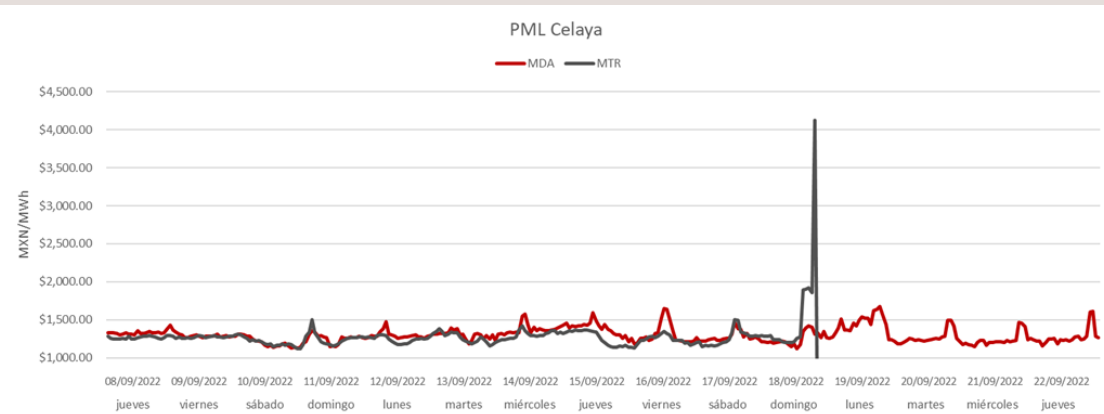
Las desviaciones nominación/consumo representan un riesgo en la facturación al poderse presentar horas con diferencias significativas entre los precios MDA-MTR por las condiciones del Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

MDA Ramos Últimas 3 semanas

| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
|----|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | \$ 1,308 | \$ 1,343 | \$ 1,319 | \$ 1,365 | \$ 1,398 | \$ 1,355 | \$ 1,335 |
| 2 | \$ 1,264 | \$ 1,313 | \$ 1,281 | \$ 1,322 | \$ 1,368 | \$ 1,331 | \$ 1,282 |
| 3 | \$ 1,276 | \$ 1,269 | \$ 1,251 | \$ 1,312 | \$ 1,347 | \$ 1,316 | \$ 1,275 |
| 4 | \$ 1,215 | \$ 1,249 | \$ 1,257 | \$ 1,298 | \$ 1,323 | \$ 1,282 | \$ 1,267 |
| 5 | \$ 1,216 | \$ 1,247 | \$ 1,270 | \$ 1,270 | \$ 1,305 | \$ 1,278 | \$ 1,269 |
| 6 | \$ 1,219 | \$ 1,252 | \$ 1,259 | \$ 1,275 | \$ 1,303 | \$ 1,278 | \$ 1,233 |
| 7 | \$ 1,250 | \$ 1,268 | \$ 1,279 | \$ 1,292 | \$ 1,296 | \$ 1,277 | \$ 1,226 |
| 8 | \$ 1,322 | \$ 1,304 | \$ 1,281 | \$ 1,311 | \$ 1,304 | \$ 1,285 | \$ 1,229 |
| 9 | \$ 1,354 | \$ 1,307 | \$ 1,290 | \$ 1,309 | \$ 1,276 | \$ 1,248 | \$ 1,217 |
| 10 | \$ 1,295 | \$ 1,279 | \$ 1,232 | \$ 1,282 | \$ 1,290 | \$ 1,278 | \$ 1,225 |
| 11 | \$ 1,295 | \$ 1,295 | \$ 1,294 | \$ 1,305 | \$ 1,277 | \$ 1,304 | \$ 1,310 |
| 12 | \$ 1,301 | \$ 1,295 | \$ 1,284 | \$ 1,307 | \$ 1,286 | \$ 1,332 | \$ 1,359 |
| 13 | \$ 1,338 | \$ 1,293 | \$ 1,324 | \$ 1,314 | \$ 1,316 | \$ 1,353 | \$ 1,284 |
| 14 | \$ 1,356 | \$ 1,310 | \$ 1,308 | \$ 1,329 | \$ 1,319 | \$ 1,389 | \$ 1,272 |
| 15 | \$ 1,385 | \$ 1,321 | \$ 1,307 | \$ 1,338 | \$ 1,335 | \$ 1,361 | \$ 1,216 |
| 16 | \$ 1,419 | \$ 1,328 | \$ 1,325 | \$ 1,348 | \$ 1,336 | \$ 1,345 | \$ 1,182 |
| 17 | \$ 1,423 | \$ 1,341 | \$ 1,313 | \$ 1,345 | \$ 1,339 | \$ 1,347 | \$ 1,178 |
| 18 | \$ 1,435 | \$ 1,330 | \$ 1,297 | \$ 1,341 | \$ 1,356 | \$ 1,316 | \$ 1,161 |
| 19 | \$ 1,385 | \$ 1,318 | \$ 1,296 | \$ 1,337 | \$ 1,337 | \$ 1,291 | \$ 1,178 |
| 20 | \$ 1,441 | \$ 1,329 | \$ 1,313 | \$ 1,359 | \$ 1,395 | \$ 1,297 | \$ 1,253 |
| 21 | \$ 1,506 | \$ 1,482 | \$ 1,525 | \$ 1,545 | \$ 1,464 | \$ 1,363 | \$ 1,311 |
| 22 | \$ 1,565 | \$ 1,492 | \$ 1,552 | \$ 1,544 | \$ 1,496 | \$ 1,331 | \$ 1,323 |
| 23 | \$ 1,571 | \$ 1,424 | \$ 1,426 | \$ 1,401 | \$ 1,425 | \$ 1,353 | \$ 1,321 |
| 24 | \$ 1,409 | \$ 1,329 | \$ 1,319 | \$ 1,353 | \$ 1,353 | \$ 1,318 | \$ 1,253 |

Consecuencias de la variación de consumo por tipo de producto:

- Riesgo de sobrecostos por diferencias MDA-MTR.
- Incapacidad para hacer ajustes en base a condiciones del MEM.
- Falta de precisión en la proyección de consumos a corto y largo plazo.
- Disminución de KPI's MAPE (Mean Absolute Percentage Error).



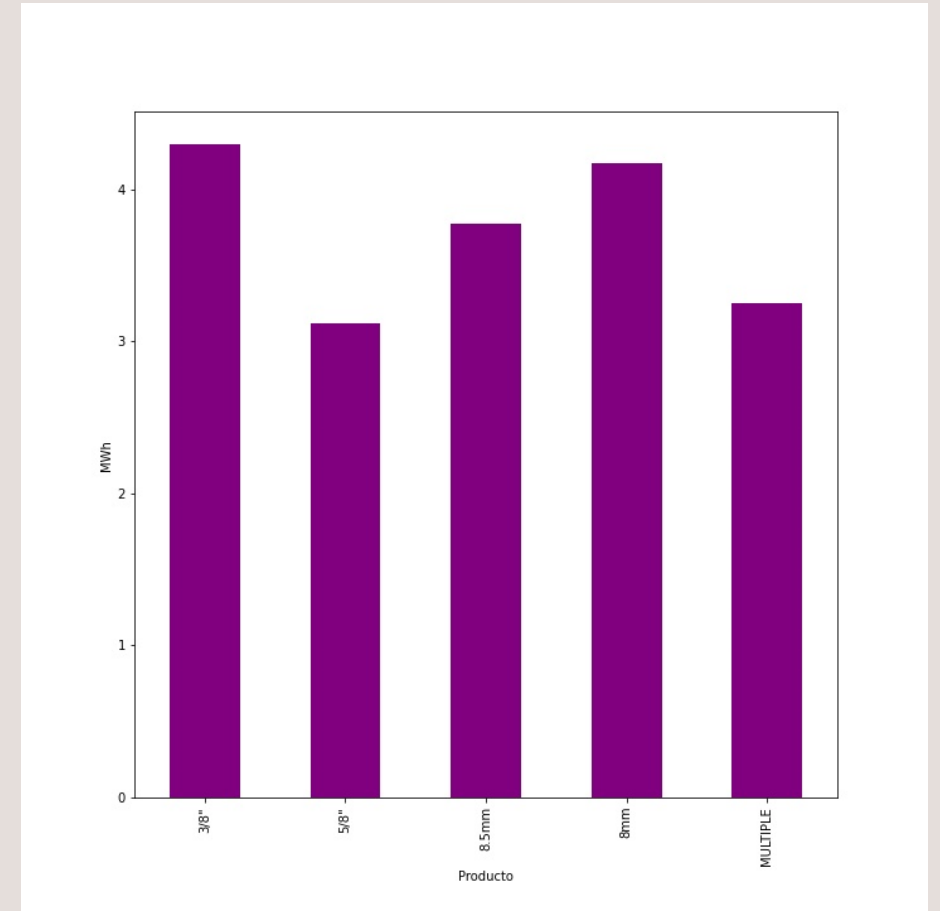
Correlación de consumo eléctrico con tipo de producto

Resumen

Se realizó una correlación del consumo eléctrico horario (MWh) de los laminadores de los sitios de Celaya, Ramos y Saltillo, en base al plan de producción de cada equipo. La correlación se realizó mediante una iteración de distintos valores de nominación para el histórico de consumos asociados a cada equipo, minimizando el KPI de desviación MAPE para cada hora y tipo de producto.

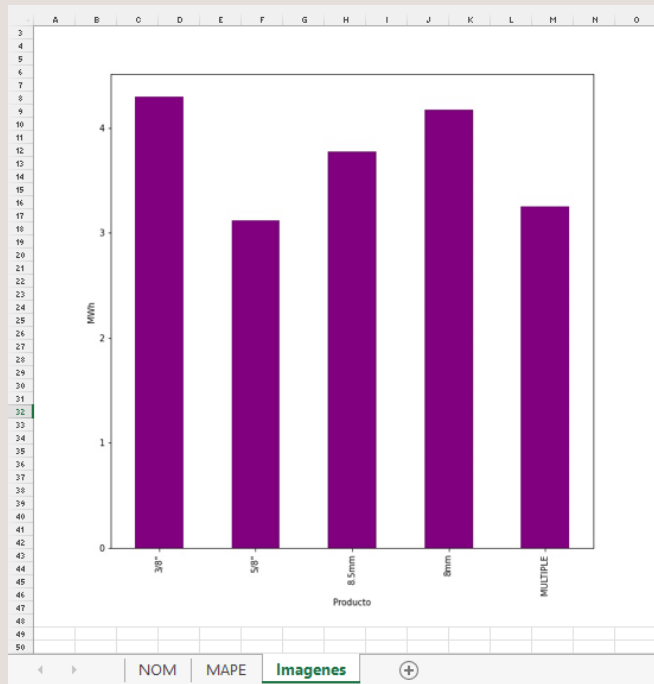
Áreas de oportunidad asociadas al la correlación por producto:

- Reducción del KPI MAPE en la nominación de energía eléctrica.
- Disminución del riesgo en el gasto por variaciones en MDA y MTR.
- Capacidad de mover plan de producción (producto laminado) en base a los precios horarios de energía.
- Incremento en la precisión del costo asociado a cada tipo de producto.
- Incremento en la precisión de proyección de consumo, tomando como referencia planes de producción.
- Capacidad de hacer ajustes rápidos en futuras correlaciones únicamente actualizando la base de datos.



Resultados y conclusiones

El proyecto de correlación con código en Python arroja como output final una **descripción de las variables** asociadas al consumo eléctrico para el laminador seleccionado, así como la generación de un **archivo Excel** con los dataframes de **nominación óptima** y **MAPE mínimo** por tipo de producto y hora del día para cada laminador, así como un **grafico del promedio de consumo** general por producto. Estos archivos se actualizan al volver a correr la función generada cambiando la base de datos.



| | A | B | C | D | E | F |
|----|----|------|----------|-----|-------|------|
| 1 | | 3/8" | MULTIPLE | 8mm | 8.5mm | 5/8" |
| 2 | 1 | 5.9 | 5.3 | 6.2 | 5.6 | 4.5 |
| 3 | 2 | 5.6 | 5.3 | 5.1 | 5.7 | 5 |
| 4 | 3 | 5.7 | 5.2 | 6.1 | 4.9 | 5.3 |
| 5 | 4 | 5.6 | 5.5 | 6 | 4.4 | 4.5 |
| 6 | 5 | 5.4 | 5.4 | 5.5 | 6.4 | 5.6 |
| 7 | 6 | 5.6 | 5.3 | 5.9 | 5.5 | 5.5 |
| 8 | 7 | 5.5 | 5.5 | 5.6 | 5 | 5.5 |
| 9 | 8 | 5.6 | 5.5 | 5.2 | 6.6 | 4.7 |
| 10 | 9 | 5.7 | 5.7 | 6.3 | 5.8 | 5 |
| 11 | 10 | 5.7 | 5.9 | 4.8 | 4.8 | 4.5 |
| 12 | 11 | 5.5 | 5.3 | 5.8 | 5.7 | 5.9 |
| 13 | 12 | 5.7 | 5.2 | 5.7 | 5.4 | 4.7 |
| 14 | 13 | 5.7 | 5.3 | 5 | 6.7 | 5.3 |
| 15 | 14 | 5.5 | 5.4 | 5.9 | 6.7 | 4.8 |
| 16 | 15 | 5.5 | 5.3 | 5.1 | 4.5 | 5.3 |
| 17 | 16 | 5.5 | 5.4 | 5 | 6 | 5.6 |
| 18 | 17 | 5.6 | 5.2 | 5.4 | 4.4 | 4.7 |
| 19 | 18 | 5.7 | 5.4 | 4.8 | 5.1 | 5.2 |
| 20 | 19 | 5.7 | 5.3 | 5 | 6.2 | 5.3 |
| 21 | 20 | 5.3 | 5.7 | 4.8 | 5.5 | 5.1 |
| 22 | 21 | 5.6 | 5.6 | 5.3 | 6.1 | 4.8 |
| 23 | 22 | 5.6 | 5.6 | 5.5 | 6.2 | 5.2 |
| 24 | 23 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 6.3 | 4.2 |
| 25 | 0 | 5.8 | 5.5 | 4.9 | 4.1 | 4.9 |

| | A | B | C | D | E | F |
|----|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | | 3/8" | MULTIPLE | 8mm | 8.5mm | 5/8" |
| 2 | 1 | 0.140409 | 0.14923 | 0.158321 | 0.045444 | 0.010278 |
| 3 | 2 | 0.154092 | 0.143161 | 0.166511 | 0.037611 | 0.045833 |
| 4 | 3 | 0.145235 | 0.13797 | 0.081278 | 0.141204 | 0.06887 |
| 5 | 4 | 0.146484 | 0.136226 | 0.097556 | 0.199759 | 0.016833 |
| 6 | 5 | 0.146704 | 0.144076 | 0.12662 | 0.030222 | 0.031056 |
| 7 | 6 | 0.140977 | 0.138272 | 0.069711 | 0.174681 | 0.0165 |
| 8 | 7 | 0.152779 | 0.145405 | 0.153849 | 0.134917 | 0.040037 |
| 9 | 8 | 0.142452 | 0.148569 | 0.151437 | 0.066407 | 0.041639 |
| 10 | 9 | 0.145983 | 0.142226 | 0.144767 | 0.008111 | 0.177361 |
| 11 | 10 | 0.156358 | 0.14124 | 0.101579 | 0.002333 | 0.254361 |
| 12 | 11 | 0.152205 | 0.165106 | 0.149375 | 0.127188 | 0.08525 |
| 13 | 12 | 0.136868 | 0.165005 | 0.173056 | 0.217306 | 0.143889 |
| 14 | 13 | 0.149204 | 0.13689 | 0.185 | 0.016194 | 0.077944 |
| 15 | 14 | 0.135222 | 0.121038 | 0.18937 | 0.113944 | 0.007556 |
| 16 | 15 | 0.151658 | 0.131208 | 0.11963 | 0.176083 | 0.0015 |
| 17 | 16 | 0.14059 | 0.146503 | 0.099514 | 0.01075 | 0.115278 |
| 18 | 17 | 0.150455 | 0.159572 | 0.195148 | 0.131347 | 0.131944 |
| 19 | 18 | 0.158861 | 0.16133 | 0.230678 | 0.173406 | 0.090333 |
| 20 | 19 | 0.154861 | 0.137126 | 0.153074 | 0.060028 | 0.101648 |
| 21 | 20 | 0.151805 | 0.146829 | 0.060622 | 0.151944 | 0.107204 |
| 22 | 21 | 0.163786 | 0.121093 | 0.175704 | 0.013139 | 0.129833 |
| 23 | 22 | 0.151103 | 0.160571 | 0.148433 | 0.138847 | 0.069125 |
| 24 | 23 | 0.150376 | 0.137028 | 0.093333 | 0.05737 | 0.066153 |
| 25 | 0 | 0.158067 | 0.143073 | 0.169738 | 0.168313 | 0.089958 |

El laminador seleccionado es: RL2

Los productos de este laminador son: ['VARILLA' 'REDONDO' 'CUADRADO' 'ANGULO' 'SOLERA']

Límite inferior de consumo en operación: 2.0 MWh

Límite superior de consumo en operación: 8.5 MWh

Potencia contratada: 4.98 MWh

Promedio de consumo por tipo de producto(MWh):

| | RL2_Prod | RL2_Con |
|---|----------|----------|
| 0 | ANGULO | 2.602610 |
| 1 | CUADRADO | 2.293274 |
| 2 | REDONDO | 2.357451 |
| 3 | SOLERA | 2.137288 |
| 4 | VARILLA | 3.025072 |

Base de datos

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | L | M | N | O | P | Q | R | S | T |
|-------|------------------|------------|--------|------|-------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|------------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|
| 1 | Fecha | Fecha2 | Dia | Hora | mes | RL1_Prod | RL1_Con | RL2_Prod | RL2_Con | SL1_Prod | SL1_Con | Saltitolam | CL0_Prod | CL0_Con | CL1_Prod | CL1_Con | CL2_Prod | CL2_Con |
| .0045 | 22/02/2021 12:00 | 22/02/2021 | lunes | 12 | 22021 | VIGA R | 4.45 | SOLERA | 4.62 | 6.5MM | 12.037 | 6.5MM | MULTIPLE | 1.44475 | 3/8" | 6.04925 | 1/2" | 1.906 |
| .0046 | 22/02/2021 13:00 | 22/02/2021 | lunes | 13 | 22021 | VIGA R | 6.49 | SOLERA | 3.40 | 6.5MM | 11.137 | 6.5MM | MULTIPLE | 3.704 | 3/8" | 6.344 | 1/2" | 0.264 |
| .0047 | 22/02/2021 14:00 | 22/02/2021 | lunes | 14 | 22021 | VIGA R | 5.23 | SOLERA | 2.73 | 6.5MM | 11.318 | 6.5MM | MULTIPLE | 15.136 | 3/8" | 6.384 | 1/2" | 1.504 |
| .0048 | 22/02/2021 15:00 | 22/02/2021 | lunes | 15 | 22021 | VIGA R | 5.90 | SOLERA | 3.81 | 6.5MM | 11.644 | 6.5MM | MULTIPLE | 17.24075 | 3/8" | 6.78125 | 1/2" | 5.162 |
| .0049 | 22/02/2021 16:00 | 22/02/2021 | lunes | 16 | 22021 | VIGA R | 5.85 | SOLERA | 1.49 | 6.5MM | 9.6055 | 6.5MM | MULTIPLE | 17.41725 | 3/8" | 6.83275 | 1/2" | 4.99 |
| .0050 | 22/02/2021 17:00 | 22/02/2021 | lunes | 17 | 22021 | VIGA R | 2.19 | SOLERA | 3.52 | 6.5MM | 9.2925 | 6.5MM | MULTIPLE | 16.681 | 3/8" | 6.611 | 1/2" | 5.508 |
| .0051 | 22/02/2021 18:00 | 22/02/2021 | lunes | 18 | 22021 | VIGA R | 2.44 | SOLERA | 4.58 | 6.5MM | 6.615 | 6.5MM | MULTIPLE | 15.2225 | 3/8" | 6.8315 | 1/2" | 5.114 |
| .0052 | 22/02/2021 19:00 | 22/02/2021 | lunes | 19 | 22021 | VIGA R | 4.14 | SOLERA | 3.10 | 6.5MM | 5.568 | 6.5MM | MULTIPLE | 10.68 | 3/8" | 5.934 | 1/2" | 5.17 |
| .0053 | 22/02/2021 20:00 | 22/02/2021 | lunes | 20 | 22021 | VIGA R | 1.56 | SOLERA | 3.81 | 6.5MM | 10.4505 | 6.5MM | MULTIPLE | 16.1495 | 3/8" | 2.1885 | 1/2" | 2.326 |
| .0054 | 22/02/2021 21:00 | 23/02/2021 | martes | 21 | 22021 | VIGA R | 2.43 | SOLERA | 3.21 | 6.5MM | 11.661 | 6.5MM | MULTIPLE | 9.008 | 3/8" | 0.496 | 1/2" | 0.336 |
| .0055 | 22/02/2021 22:00 | 23/02/2021 | martes | 22 | 22021 | VIGA R | 2.90 | SOLERA | 1.94 | 6.5MM | 11.7865 | 6.5MM | MULTIPLE | 8.11025 | 3/8" | 0.50375 | 1/2" | 0.33 |
| .0056 | 22/02/2021 23:00 | 23/02/2021 | martes | 23 | 22021 | VIGA R | 2.51 | SOLERA | 1.68 | 6.5MM | 11.7405 | 6.5MM | MULTIPLE | 15.83175 | 3/8" | 2.61825 | 1/2" | 1.262 |
| .0057 | 23/02/2021 00:00 | 23/02/2021 | martes | 00 | 22021 | VIGA R | 4.91 | SOLERA | 2.25 | 6.5MM | 10.6385 | 6.5MM | MULTIPLE | 12.49 | 3/8" | 4.968 | 1/2" | 5.398 |
| .0058 | 23/02/2021 01:00 | 23/02/2021 | martes | 01 | 22021 | VIGA R | 3.76 | ANGULO | 2.94 | MULTIPLE | 10.5165 | MULTIPLE | MULTIPLE | 9.39025 | 3/8" | 2.61775 | 1/2" | 5.312 |
| .0059 | 23/02/2021 02:00 | 23/02/2021 | martes | 02 | 22021 | VIGA R | 2.98 | ANGULO | 2.20 | MULTIPLE | 10.4605 | MULTIPLE | MULTIPLE | 16.7995 | 3/8" | 6.2165 | 1/2" | 5.336 |
| .0060 | 23/02/2021 03:00 | 23/02/2021 | martes | 03 | 22021 | VIGA R | 5.09 | ANGULO | 2.83 | MULTIPLE | 10.479 | MULTIPLE | MULTIPLE | 15.354 | 3/8" | 5.65 | 1/2" | 5.02 |
| .0061 | 23/02/2021 04:00 | 23/02/2021 | martes | 04 | 22021 | VIGA R | 2.54 | ANGULO | 3.11 | MULTIPLE | 11.457 | MULTIPLE | MULTIPLE | 12.50925 | 3/8" | 5.65275 | 1/2" | 0.614 |
| .0062 | 23/02/2021 05:00 | 23/02/2021 | martes | 05 | 22021 | VIGA R | 4.28 | ANGULO | 1.97 | MULTIPLE | 10.0705 | MULTIPLE | MULTIPLE | 16.53075 | 3/8" | 5.05325 | 1/2" | 5.208 |
| .0063 | 23/02/2021 06:00 | 23/02/2021 | martes | 06 | 22021 | VIGA R | 5.01 | ANGULO | 0.97 | MULTIPLE | 10.394 | MULTIPLE | MULTIPLE | 12.16675 | 3/8" | 4.94325 | 1/2" | 7.762 |
| .0064 | 23/02/2021 07:00 | 23/02/2021 | martes | 07 | 22021 | VIGA R | 5.25 | ANGULO | 1.15 | MULTIPLE | 11.5835 | MULTIPLE | MULTIPLE | 14.7695 | 3/8" | 5.8525 | 1/2" | 7.722 |
| .0065 | 23/02/2021 08:00 | 23/02/2021 | martes | 08 | 22021 | VIGA R | 3.73 | ANGULO | 1.41 | MULTIPLE | 11.57 | MULTIPLE | MULTIPLE | 16.61975 | 3/8" | 6.15425 | 1/2" | 5.402 |
| .0066 | 23/02/2021 09:00 | 23/02/2021 | martes | 09 | 22021 | VIGA R | 5.32 | ANGULO | 1.86 | MULTIPLE | 5.878 | MULTIPLE | MULTIPLE | 6.72975 | 3/8" | 4.88825 | 1/2" | 7.814 |
| .0067 | 23/02/2021 10:00 | 23/02/2021 | martes | 10 | 22021 | VIGA R | 5.09 | ANGULO | 3.05 | MULTIPLE | 2.7785 | MULTIPLE | MULTIPLE | 1.99725 | 3/8" | 5.81875 | 1/2" | 7.872 |
| .0068 | 23/02/2021 11:00 | 23/02/2021 | martes | 11 | 22021 | VIGA R | 4.86 | ANGULO | 4.24 | MULTIPLE | 8.5095 | MULTIPLE | MULTIPLE | 2.96275 | 3/8" | 6.57725 | 1/2" | 3.884 |
| .0069 | 23/02/2021 12:00 | 23/02/2021 | martes | 12 | 22021 | VIGA R | 2.69 | ANGULO | 4.15 | MULTIPLE | 7.8905 | MULTIPLE | MULTIPLE | 14.14175 | 3/8" | 6.25025 | 1/2" | 7.536 |
| .0070 | 23/02/2021 13:00 | 23/02/2021 | martes | 13 | 22021 | VIGA R | 3.00 | ANGULO | 4.07 | MULTIPLE | 5.634 | MULTIPLE | MULTIPLE | 13.796 | 3/8" | 5.514 | 1/2" | 7.082 |
| .0071 | 23/02/2021 14:00 | 23/02/2021 | martes | 14 | 22021 | VIGA R | 1.85 | ANGULO | 4.41 | MULTIPLE | 3.1545 | MULTIPLE | MULTIPLE | 14.26175 | 3/8" | 6.84825 | 1/2" | 7.762 |

Código

```
In [1]: import pandas as pd
import numpy as np
from pandas import ExcelWriter
import xlswriter
```

```
In [2]: #Path hacia la base de datos de producto por laminador.
path=r'C:\Users\JBELTRAN\Documents\Python_fundamentals\Proyecto_final\Historial produccion2.xls'

#Abreviación de Laminadores
#CL3 > Celaya - Laminador 3
#CL2 > Celaya - Laminador 2
#CL1 > Celaya - Laminador 1
#CL0 > Celaya - Laminador 0
#SL1 > Saltillo - Laminación
#RL1 > Ramos - SFM
#RL2 > Ramos - Molino 2

#DF de variables por equipo
dict_1={
    "Laminador":["CL3","CL2","CL1","CL0","SL1","RL1","RL2"],
    "PC":[6,6,4.5,13,10.32,5.81,4.98],
    "inferior":[3.6,3.6,4,8,6,2,2],
    "superior":[7,7,7,17,16,8.5,8.5]
}
variables=pd.DataFrame(dict_1)
print(variables)
```

| | Laminador | PC | inferior | superior |
|---|-----------|-------|----------|----------|
| 0 | CL3 | 6.00 | 3.6 | 7.0 |
| 1 | CL2 | 6.00 | 3.6 | 7.0 |
| 2 | CL1 | 4.50 | 4.0 | 7.0 |
| 3 | CL0 | 13.00 | 8.0 | 17.0 |
| 4 | SL1 | 10.32 | 6.0 | 16.0 |
| 5 | RL1 | 5.81 | 2.0 | 8.5 |
| 6 | RL2 | 4.98 | 2.0 | 8.5 |

Código

```
In [5]: def func_nom(laminador):
        Prod=laminador+'_Prod'#Referencia a la columna de tipo de producto del laminador en la BDD.
        Con=laminador+'_Con' #Referencia a la columna de consumo del laminador en la BDD.
        inferior=float(variables[variables["Laminador"]==laminador]["inferior"].values) #Limite inferior
        superior=float(variables[variables["Laminador"]==laminador]["superior"].values) #Limite superior
        PC=float(variables[variables["Laminador"]==laminador]["PC"].values) #Potencia contratada

        df = pd.read_excel(path, 'Datos', usecols=['Hora',Prod,Con]) #Lectura de base de datos
        Productos=df[Prod].dropna().unique() #Productos del Laminador
        Horas=df['Hora'].dropna().unique() #Horas de consumo diarias

        print("El laminador seleccionado es: ",laminador,"\n\nLos productos de este laminador son: ",Productos,"\n")
        print("Limite inferior de consumo en operación: ",inferior,"MWh\nLimite superior de consumo en operación: ",superior,"MWh\nPC")

        print("Promedio de consumo por tipo de producto(MWh): \n\n",df.groupby([Prod])[Con].mean().reset_index())

        df2= pd.DataFrame(columns=Productos, index=Horas) #Creación de dataframe de nominación
        df3= pd.DataFrame(columns=Productos, index=Horas) #Creación de dataframe de MAPE
        for d in Productos:
            for h in Horas:
                dif=500 #Valor inicial del KPI "MAPE".
                mat=df.query('{0} == @d and Hora == @h'.format(Prod))
                nom=0
                for i in range(1,200,1): #Iteración de la nominación (MWh), nominación (i) multiplicada por 10 para fijar steps en de
                    suma=0
                    c=0 #Contador
                    for consumo in mat[Con]: #Iteración por hora de consumo.
                        if consumo>inferior and consumo<superior:
                            suma += abs(consumo-i/10)/PC #Calculo del KPI "MAPE" para cada hora e iteración de la nominación
                            c += 1
                    if c!=0:
                        if suma/c < dif: #Comparación del MAPE con el valor actual de nominación vs MAPE minimo encontrado.
                            dif=suma/c
                            nom=i/10
                df2.loc[h,d] = nom #Registro del valor de nominación óptima para la hora y producto.
                df3.loc[h,d] = dif #Registro del valor MAPE minimo (con la nominación óptima) para la hora y producto.
```

Código

```
print('\nNominación optima por hora y producto laminado (MWh): \n')
print(df2)
print('\nMAPE minimo por hora y producto laminado (%): \n')
print(df3)

#Se crean el archivo excel de resultados y se añaden las hojas de Nominación y MAPE
writer = pd.ExcelWriter(r'C:\Users\JBELTRAN\Documents\Python_fundamentals\Proyecto_final\{0}_Resultados_nom.xlsx'.format(lami
df2.to_excel(writer, sheet_name='NOM')
df3.to_excel(writer, sheet_name='MAPE')

#Creación de la grafica
graf=df.groupby([Prod])[Con].mean().plot.bar(xlabel='Producto',ylabel="MWh",figsize=(10,10),color="purple")
print("\nGrafica del consumo promedio por tipo de producto (MWh): \n\n",graf)
fig=graf.get_figure()
fig.savefig(r'C:\Users\JBELTRAN\Documents\Python_fundamentals\Proyecto_final\{0}_Plot_consumo.jpg'.format(laminador))

#Escritura de la grafica al archivo excel de resultados
pd.DataFrame({}).to_excel(writer, sheet_name='Imagenes')
worksheet = writer.sheets['Imagenes']
worksheet.insert_image('A1', r'C:\Users\JBELTRAN\Documents\Python_fundamentals\Proyecto_final\{0}_Plot_consumo.jpg'.format(la
writer.save()
```

In [4]: func_nom("RL2")

El laminador seleccionado es: RL2

Los productos de este laminador son: ['VARILLA' 'REDONDO' 'CUADRADO' 'ANGULO' 'SOLERA']

Límite inferior de consumo en operación: 2.0 MWh

Límite superior de consumo en operación: 8.5 MWh

Potencia contratada: 4.98 MWh

Código

```
Promedio de consumo por tipo de producto(MWh):

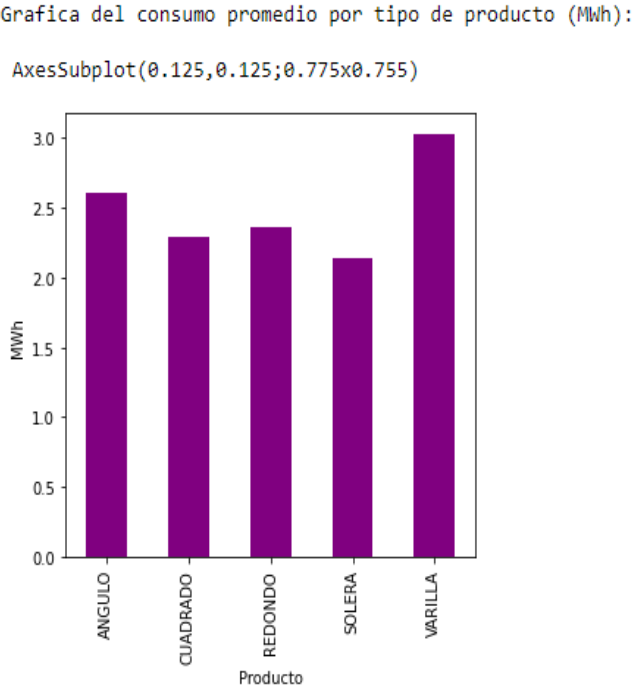
    RL2_Prod  RL2_Con
0    ANGULO  2.602610
1  CUADRADO  2.293274
2    REDONDO  2.357451
3    SOLERA  2.137288
4    VARILLA  3.025072

Nominación optima por hora y producto laminado (MWh):

    VARILLA REDONDO CUADRADO ANGULO SOLERA
1      4.3      3.6      4      3.5      3.5
2      4.4      4.4      3.4      3.5      3.6
3      3.8      4      3.6      3.6      3.4
4      4.5      3.5      3.7      3.4      3.7
5      4.2      4.4      3.7      3.5      3.8
6      4.1      3.6      4.2      3.5      3.5
7      4      3.5      3.7      3.5      3.5
8      4      3.3      3.4      3.2      3.4
9      3.7      3.7      3.1      3.2      3.5
10     3.9      4      3.3      3.7      3.3
11     4.2      3.8      3.9      3.5      3.7
12     4      4      3.4      3.5      3.9
13     4      3.6      3      3.4      3.6
14     3.9      4.2      3.7      3.5      3.4
15     4      4.3      3.9      3.5      3.6
16     4      3.7      3.5      3.3      3.5
17     4      3.6      3.6      3.7      3.6
18     3.6      4.2      3.9      3.5      3.9
19     3.6      3.3      3.7      3.7      3.6
20     3.8      3.9      3.7      3.3      3.6
21     3.5      4      3.4      3.5      3.3
22     3.9      4.2      4      3.4      3.9
23     3.8      4.3      2.9      3.6      3.9
0      3.9      4.2      4.2      3.4      3.3
```

```
MAPE minimo por hora y producto laminado (%):

    VARILLA REDONDO CUADRADO ANGULO SOLERA
1  0.178589  0.16853  0.138973  0.152395  0.160828
2  0.183555  0.174017  0.132611  0.142798  0.189324
3    0.1806  0.168724  0.115705  0.145416  0.17354
4  0.186225  0.159986  0.138931  0.13304  0.171544
5  0.186716  0.15863  0.152414  0.14354  0.10298
6  0.169411  0.172551  0.13591  0.138209  0.167037
7  0.182489  0.18161  0.124819  0.138345  0.137701
8  0.157602  0.117322  0.100423  0.145045  0.13169
9  0.173516  0.118739  0.138835  0.126747  0.131319
10  0.18942  0.184652  0.120027  0.136596  0.137066
11  0.183237  0.157253  0.115062  0.136  0.17774
12  0.187712  0.144417  0.126765  0.14651  0.145956
13  0.197936  0.20042  0.129394  0.140326  0.149787
14  0.206565  0.158786  0.143201  0.140104  0.150187
15  0.174238  0.162783  0.1386  0.128972  0.197566
16  0.17323  0.191955  0.165919  0.128467  0.159634
17  0.217527  0.139156  0.114263  0.149308  0.140728
18  0.213192  0.157417  0.170102  0.132234  0.165605
19  0.190257  0.173338  0.148459  0.136351  0.146281
20  0.191111  0.164039  0.186057  0.118577  0.10697
21  0.180363  0.16867  0.103917  0.118478  0.114433
22  0.186494  0.127345  0.146988  0.150931  0.16226
23  0.183052  0.142961  0.13125  0.168012  0.140287
0  0.197449  0.207471  0.108971  0.165442  0.154581
```



GRACIAS!