



Grupo·epm

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Grupo·epm

Análisis de la correlación entre **variables climáticas** con la **energía eléctrica** y los **eventos no programados** del sistema eléctrico de CENS



Agenda



Agenda



- 01 CONTEXTO
- 02 OBJETIVOS
- 03 ESTADO DEL ARTE
- 04 ENTORNO CENS
- 05 BASE DE DATOS
- 06 CORRELACIÓN
- 07 CONCLUSIONES

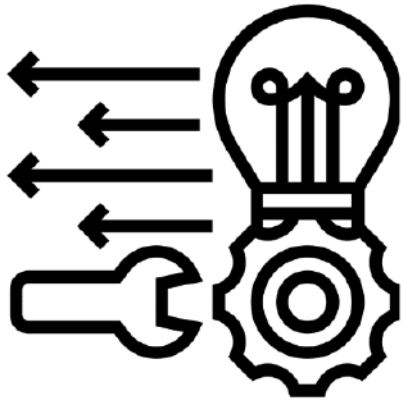
10° Encuentro
de Proveedores y Contratistas Grupo EPM
V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Grupo **epm**

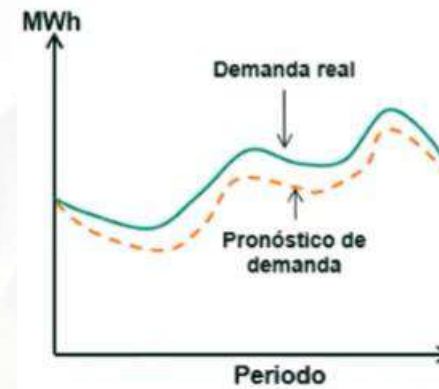
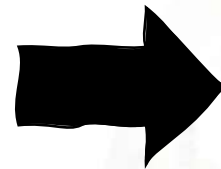
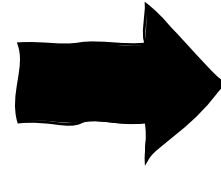
Contexto



Contexto

10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Objetivos



Objetivos

OBJETIVO: DETERMINAR LA EXISTENCIA DE LA CORRELACIÓN ENTRE **VARIABLES METEOROLÓGICAS** CON LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y **EVENTOS NO PROGRAMADOS**



01

BASE DATOS

Información meteorológica
Energía eléctrica
Eventos no programados

INTEGRACIÓN

Graficas de comportamiento
Estadísticos
Correlación

02



03

HIPÓTESIS

Resultados
Conclusiones

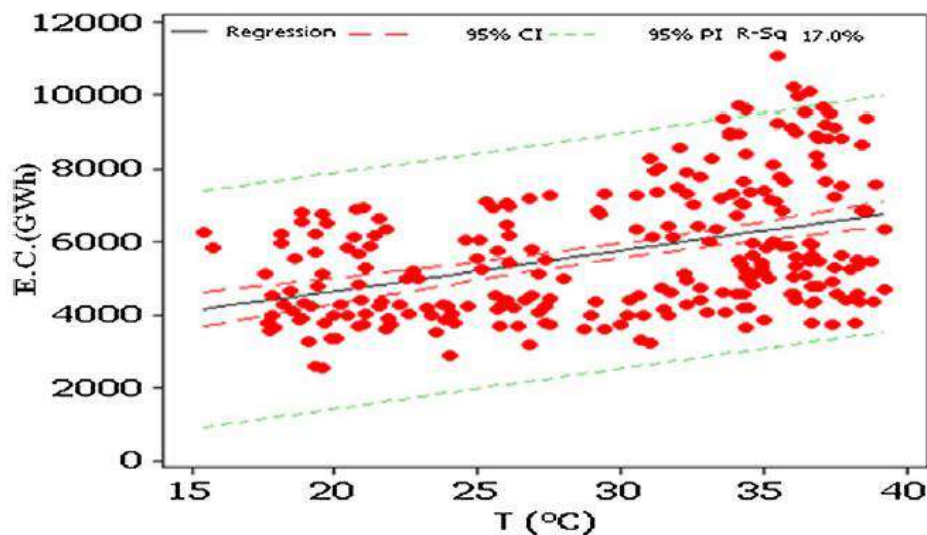
Estado del arte



Estado del arte

RELATIONSHIP BETWEEN EXTREME TEMPERATURE AND ELECTRICITY DEMAND IN PAKISTAN

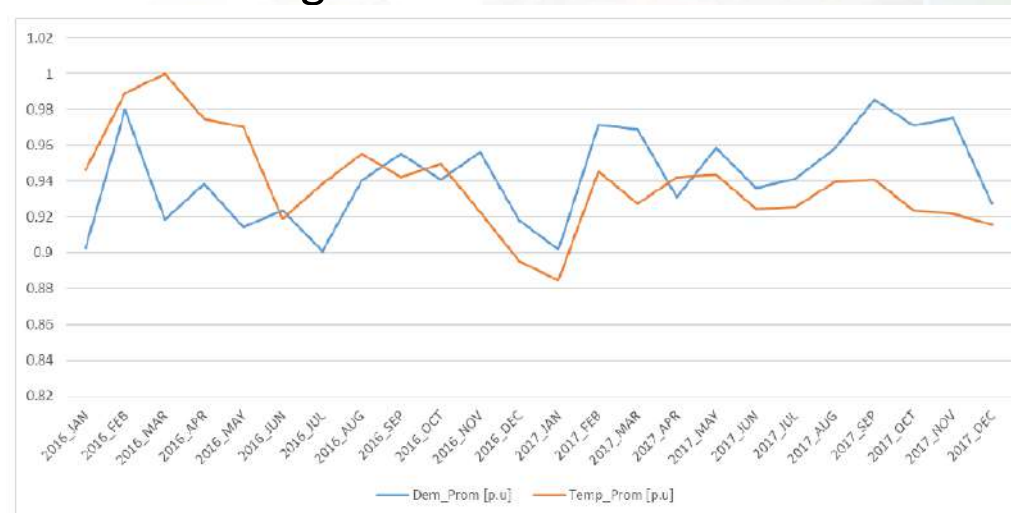
Ali, Iqbal y Sharif (2016) analizan las altas temperaturas y su incidencia en el aumento de demanda energética en Pakistán encontrando una correlación entre estos dos datos de 0,421.



Fuente: Ali, Iqbal & Sharif. Relationship between extreme temperatura And electricity demand in Pakistan (2016)

DEMANDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA: UN MODELO DE PRONÓSTICO

Gutiérrez y Moreno (2019) diseñan un modelo de pronóstico de demanda de energía en Colombia analizando diferentes variables, entre ellas la temperatura. Los autores logran establecer una correlación de 0,41 entre la temperatura y la demanda energética.



Fuente: Gutierrez & Moreno. Demanda De La Energía Eléctrica En Colombia: Un Modelo De Pronóstico (2019)

Entorno CENS



Grupo·epm

Entorno CENS

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Área atendida
26,161 Km²



3 departamentos
47 municipios



Población atendida
1,890,442 habitantes



Clientes-usuarios
596,125 clientes

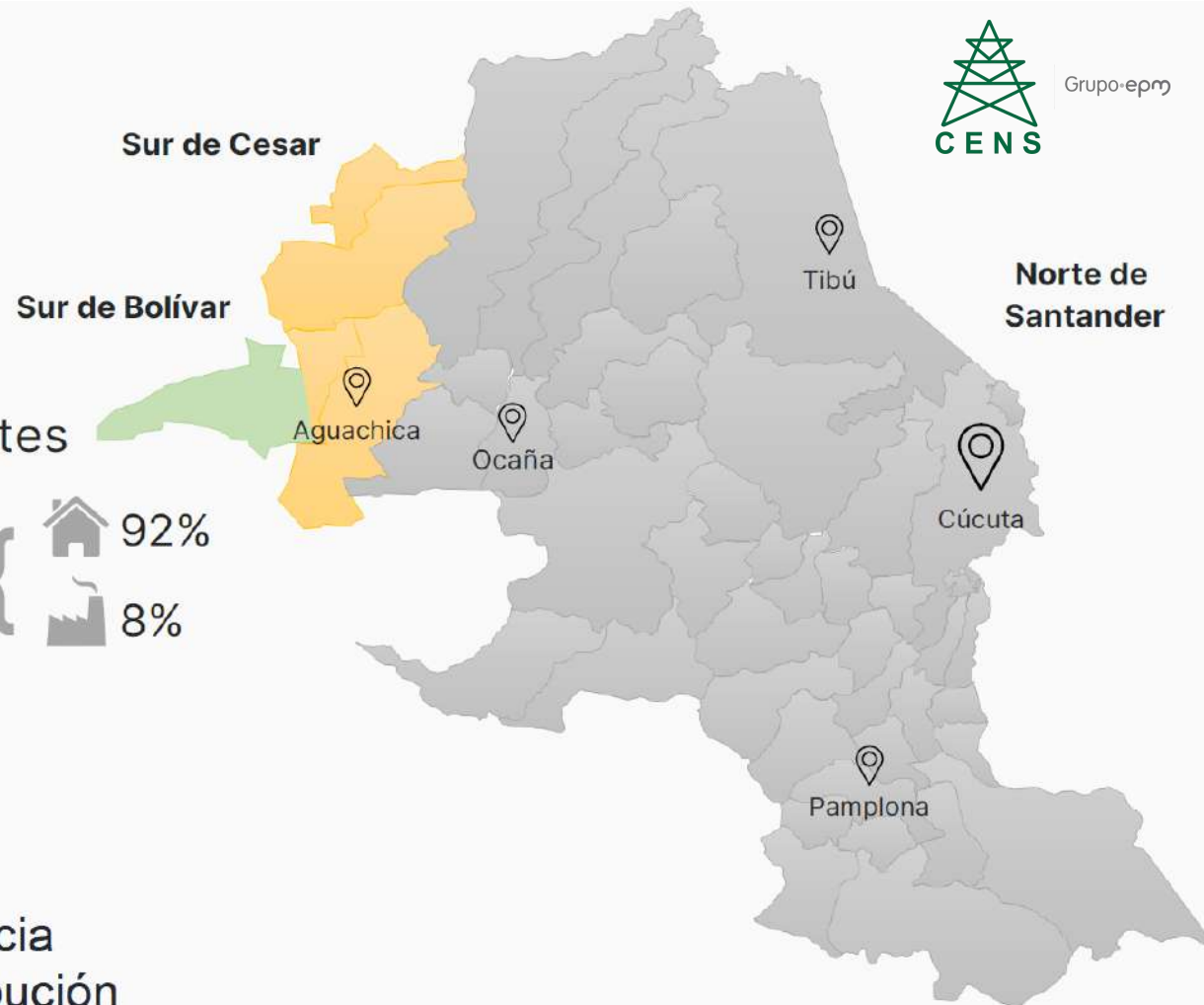
	92%
	8%



Infraestructura
27,641 Km de red
41 subestaciones

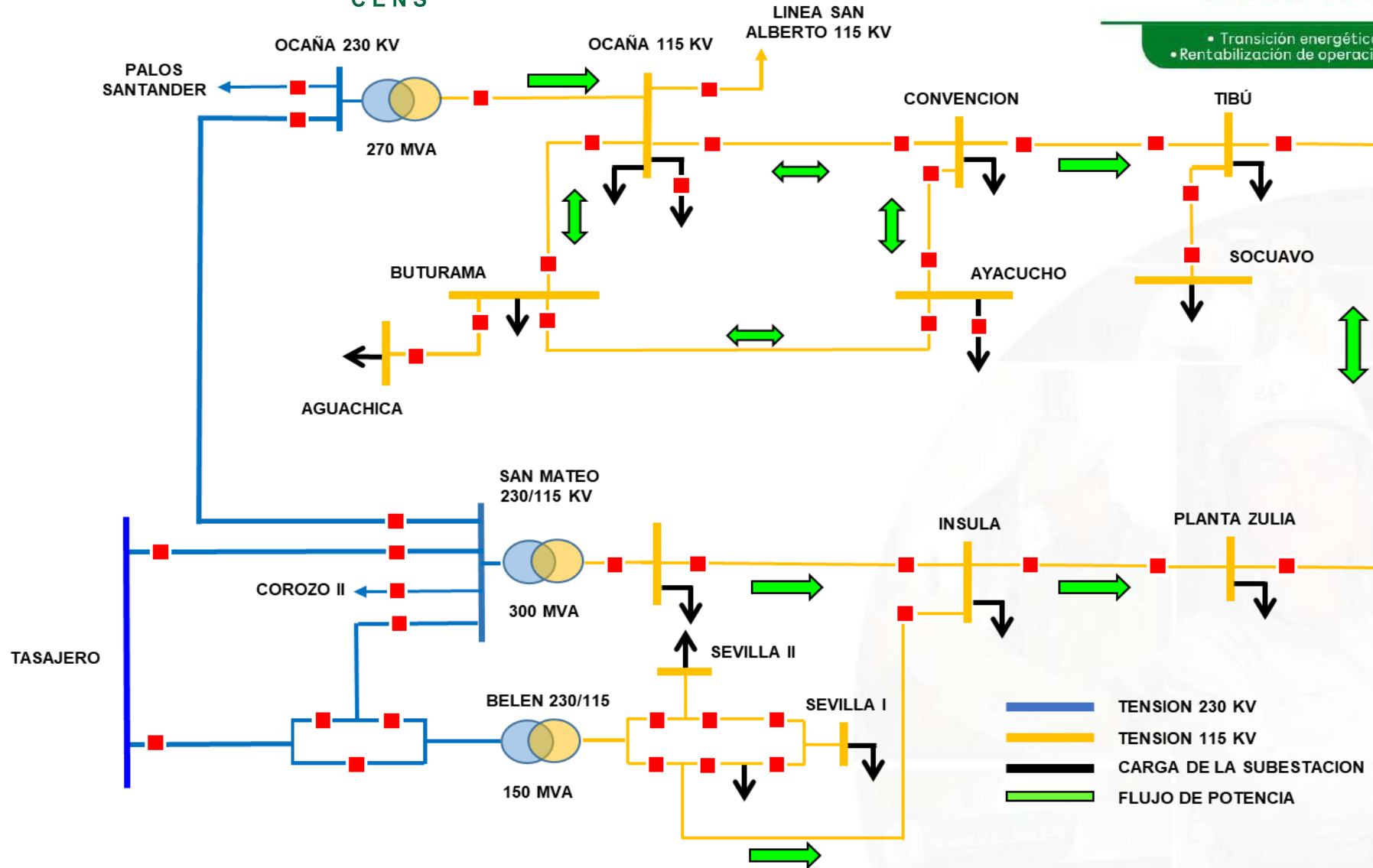


1,346 MVA - potencia
1,109 MVA - distribución



Grupo-epm

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

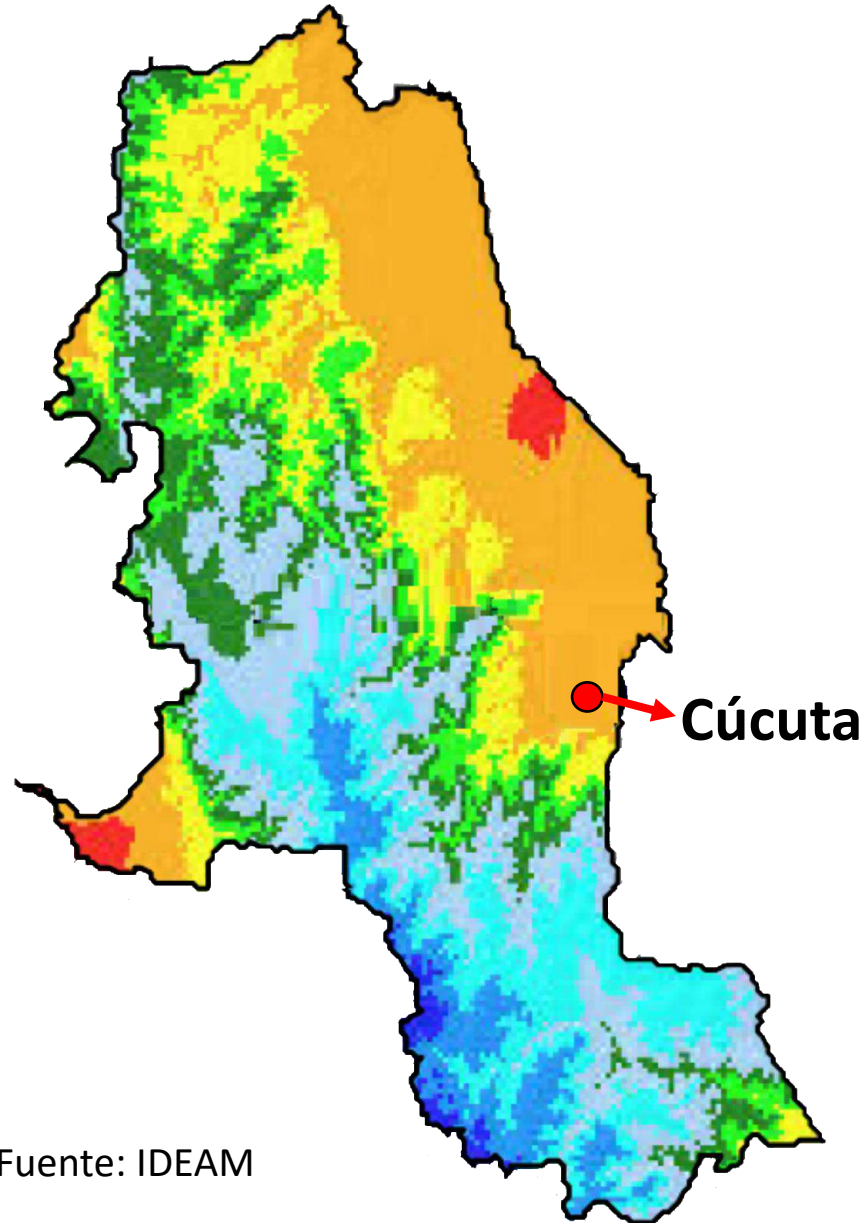


- TENSION 230 KV
- TENSION 115 KV
- CARGA DE LA SUBESTACION
- FLUJO DE POTENCIA

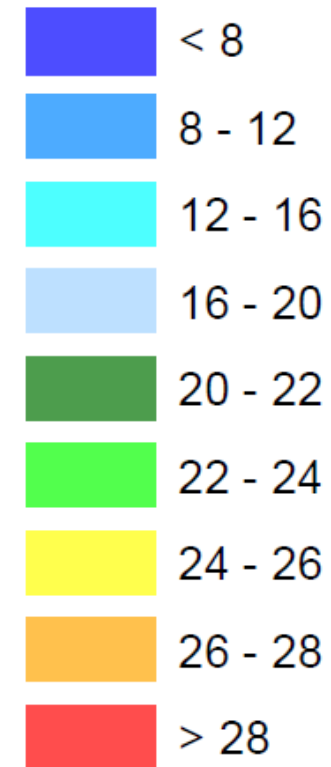
Fuente: Operación del sistema CENS

Condiciones climáticas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



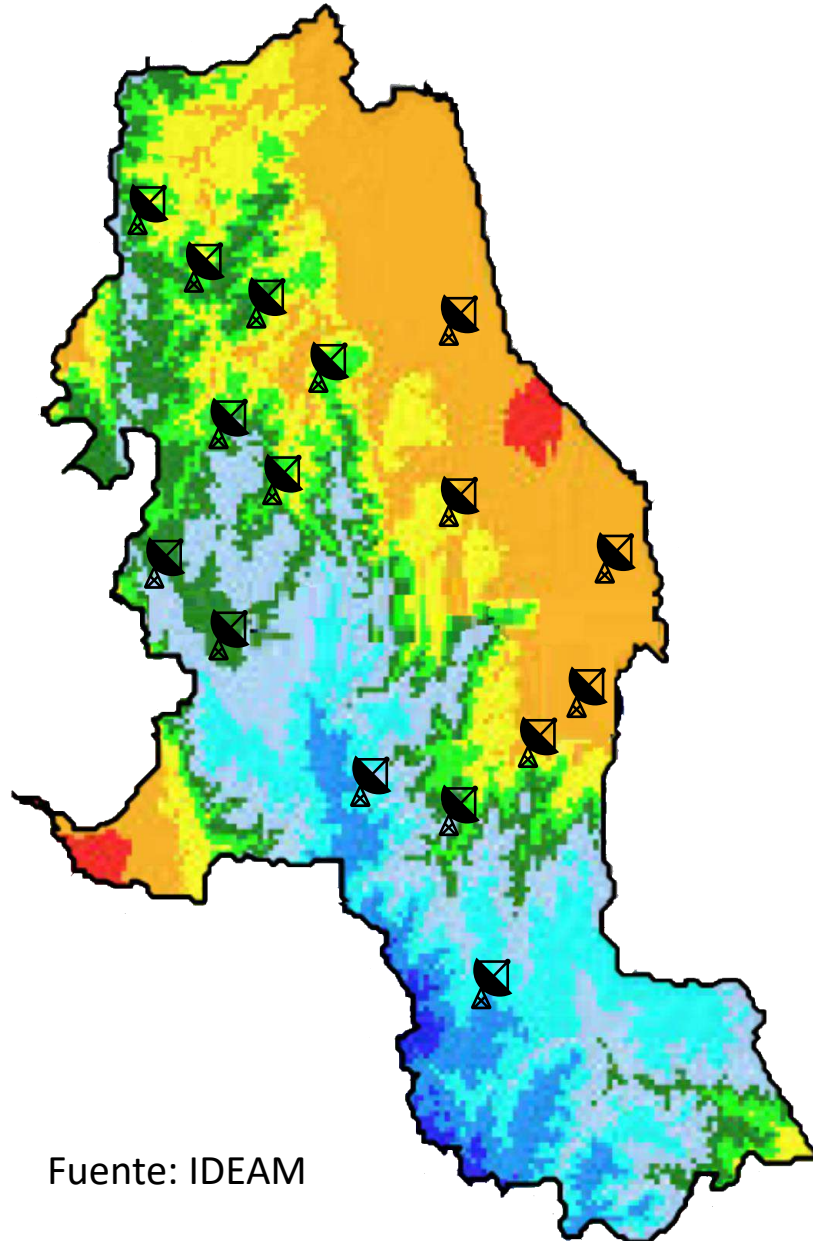
Leyenda (°C)



Fuente: IDEAM

Estaciones meteorológicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Fuente: IDEAM

COLNOCU82

ESTACION CÚCUTA

Colombia (COL), Norte de Santander - CUCUTA, **Latitud:** 7.905761, **Longitud:** -72.504905
Proyecto: SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES CLIMÁTICAS CENS SA ESP

Grupo eprm CENS

Ultimo reporte Notificación auditiva

Hace 11 Minutos
Ultimo reporte: 2023-08-24 12:05 Zona horaria: America/Bogota

Radiación solar: 837 watts/m²
Indice UV: --
Indice de calor: 40.4 °C
Sensación termica: 33.3 °C

	Actual	Maximo	Minimo
Temperatura	33.3 °C	33.3 °C	24.4 °C
Humedad relativa	60%	95.1%	60%
Punto de rocío	24.4 °C	24.9 °C	22.8 °C
Presión absoluta	975.7 hPa	977.8 hPa	975.7 hPa
Presión relativa	1011.8 hPa	1014 hPa	1011.8 hPa
Evapotranspiración	-- mm	-- hPa	-- hPa

Lluvia
0 mm
rate: 0 mm/h

Viento 0 Km/h | SSE - 150°

Vel. Max. 32.4 Km/h
Raf. viento 0 Km/h
Raf. Max. 7.6 Km/h
Moda E. Dir. Viento N - 0°

Calidad del aire
PM 2.5: -- µg/m³

Humedad del suelo
Humedad del suelo: --%

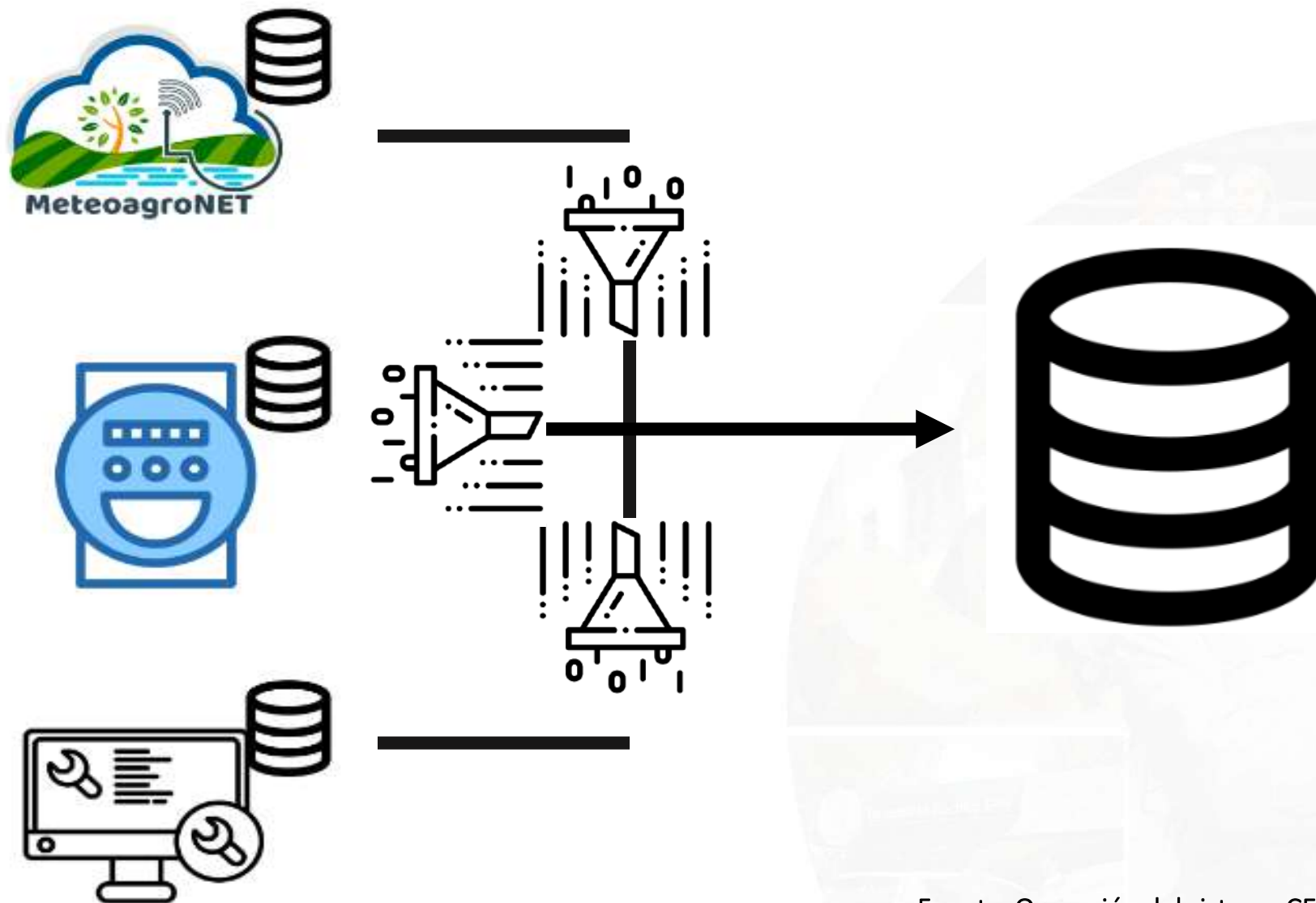
Fuente: Estación meteorológica CENS

BASE DE DATOS



Base de datos

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Fuente: Operación del sistema CENS

BD Meteorológicos

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Estación meteorológica



Interfaz de gestión



Base de datos

3

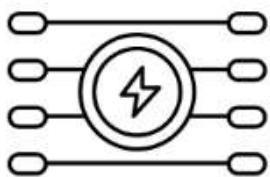
2018-2023

FECHA	AÑO	MES	DIA	HORA	TEMPERATURA	PRECIPITACION	HUMEDAD	VELOCIDA VIENT
								(m/s)
1/10/2021	2021	octubre	1	9	27.70	0.07	75.00	2.20
1/10/2021	2021	octubre	1	10	29.00	0.10	64.00	1.80
1/10/2021	2021	octubre	1	11	29.60	0.14	63.00	4.50
1/10/2021	2021	octubre	1	12	30.40	0.19	61.00	5.80
1/10/2021	2021	octubre	1	13	31.00	0.25	55.00	4.90
1/10/2021	2021	octubre	1	14	33.60	0.28	48.00	4.90
1/10/2021	2021	octubre	1	15	34.50	0.29	54.00	4.00
1/10/2021	2021	octubre	1	16	33.50	0.25	63.00	2.70
1/10/2021	2021	octubre	1	17	31.70	0.23	66.00	2.70
1/10/2021	2021	octubre	1	18	30.30	0.18	69.00	3.10
1/10/2021	2021	octubre	1	19	29.50	0.14	73.00	2.20
1/10/2021	2021	octubre	1	20	29.20	0.10	70.00	0.90
1/10/2021	2021	octubre	1	21	29.30	0.06	67.00	1.80
1/10/2021	2021	octubre	1	22	27.20	0.04	82.00	3.10
1/10/2021	2021	octubre	1	23	27.50	0.05	72.00	2.20



BD Energía eléctrica

1 Frontera comercial



2 Gestor de datos

Fecha	Consumo (kWh)	Consumo (kWh)	Consumo (kWh)	Consumo (kWh)	Consumo (kWh)	Consumo (kWh)
2010-01-01	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-02	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-03	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-04	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-05	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-06	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-07	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-08	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-09	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-10	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-11	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-12	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-13	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-14	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-15	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-16	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-17	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-18	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-19	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-20	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-21	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-22	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-23	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2010-01-24	1000	1000	1000	1000	1000	1000

3 Ecu. demanda

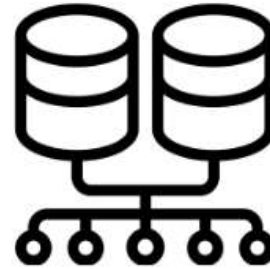
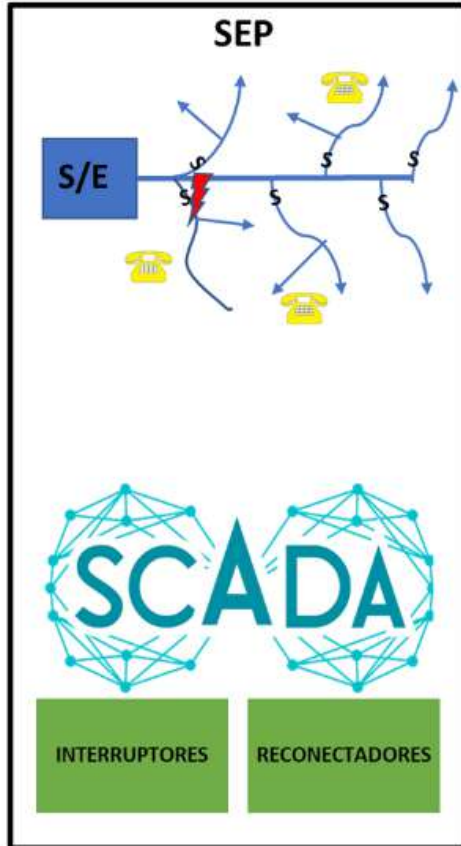


$$a + b = b + a$$



BD Eventos no programados

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



id_evento	FECHA	DESCRIPCION CAUSA	REGIONAL
1964542	01/11/2021 00:52:42	7FT02. FALLA DE FUSIBLES	T CUC
1964606	01/11/2021 02:21:27	8FL01 AC-ACOMETIDA EN COI	CUC
1964616	01/11/2021 04:35:19	8FU17 SN-SERVICIO NORMAL	PAM
1964468	01/11/2021 05:08:36	6FO12. DESCARGAS ATMOSF	PAM
1964622	01/11/2021 05:40:56	8FU15 RTE-REPORTES TRANE	CUC
1964626	01/11/2021 06:14:15	6FO12. DESCARGAS ATMOSF	TIB
1964628	01/11/2021 06:17:52	7FT05. FALLA BUJE / DPS /	CX TIB
1964630	01/11/2021 06:19:47	6FL01. FALLA POSTE Y/O EST	PAM
1964632	01/11/2021 06:20:09	8FL04 AS_ACOMETIDA SULFA	CUC
1964642	01/11/2021 06:31:41	8SD01 SERVICIO DIRECTO -	M CUC
1964646	01/11/2021 06:38:31	6FL10. FALLA DE FUSIBLES	C TIB
1964122	01/11/2021 06:45:14	7FL10. FALLA DE FUSIBLES	C PAM
1964652	01/11/2021 06:52:23	6FO12. DESCARGAS ATMOSF	TIB
1964656	01/11/2021 07:03:22	8FL04 AS_ACOMETIDA SULFA	OCA
1964662	01/11/2021 07:16:42	8FU25 DAÑO MEDIDOR BICUE	CUC
1964664	01/11/2021 07:17:47	6FL04. LINEA ROTA	TIB
1964670	01/11/2021 07:25:10	7FO12. DESCARGAS ATMOSF	OCA
1964672	01/11/2021 07:27:25	8FU14 REP-REPORTES VARIC	TIB
1964674	01/11/2021 07:27:42	8FL01 AC-ACOMETIDA EN COI	CUC
1964678	01/11/2021 07:35:06	8FU01 CS_NO SE ENCUENTRA	CUC
1964680	01/11/2021 07:35:37	8FU14 REP-REPORTES VARIC	CUC
1964682	01/11/2021 07:47:23	7FL08. RAMAS SOBRE LA REI	TIB
1964684	01/11/2021 07:49:49	7FO12. DESCARGAS ATMOSF	OCA
1964686	01/11/2021 07:51:35	8FU09 NN-NO LLAMARON CA	S TIB

CAUSAS DE EVENTOS ANALIZADAS

DISPARO CAUSA DESCONOCIDA

LINEA ROTA

FALLA POSTE O ESTRUCTURA

LINEAS DESTENSIONADAS

RAMAS SOBRE LA RED

DESCARGAS ATMOSFERICAS

FALLA AISLADOR

PUENTES ROTOS/FLOJOS

FALLA DE FUSIBLE CAUSA
DESCONOCIDA

Base de datos

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



BD - Final

	FECHA	AÑO	MES	DIA	HORA	IU	NOMBRE DE DIA	FESTIVO	EVENTO	TEMPERATURA	PRECIPITACION	HUMEDAD	VELOCIDAD VIENTO (m/s)	ENERGIA	EVENTO NO PROGRAMADO
8784	2018-1-2	2018	enero	2	0	2018120	martes	NO	NO APLICA	23.3	0.0	41.0	0.3	145.560117	0.0
8785	2018-1-2	2018	enero	2	1	2018121	martes	NO	NO APLICA	23.1	0.0	41.0	1.6	140.304777	0.0
8786	2018-1-2	2018	enero	2	2	2018122	martes	NO	NO APLICA	22.2	0.0	44.0	2.7	136.401844	0.0
8787	2018-1-2	2018	enero	2	3	2018123	martes	NO	NO APLICA	21.7	0.0	45.0	1.8	134.269196	0.0
8788	2018-1-2	2018	enero	2	4	2018124	martes	NO	NO APLICA	22.1	0.0	47.0	2.2	136.587755	0.0



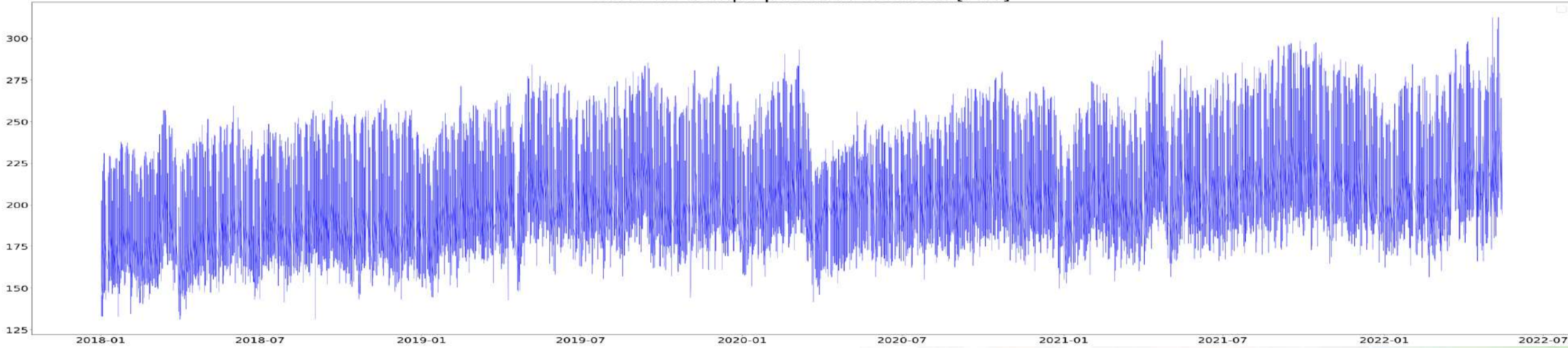
Energía - Temperatura



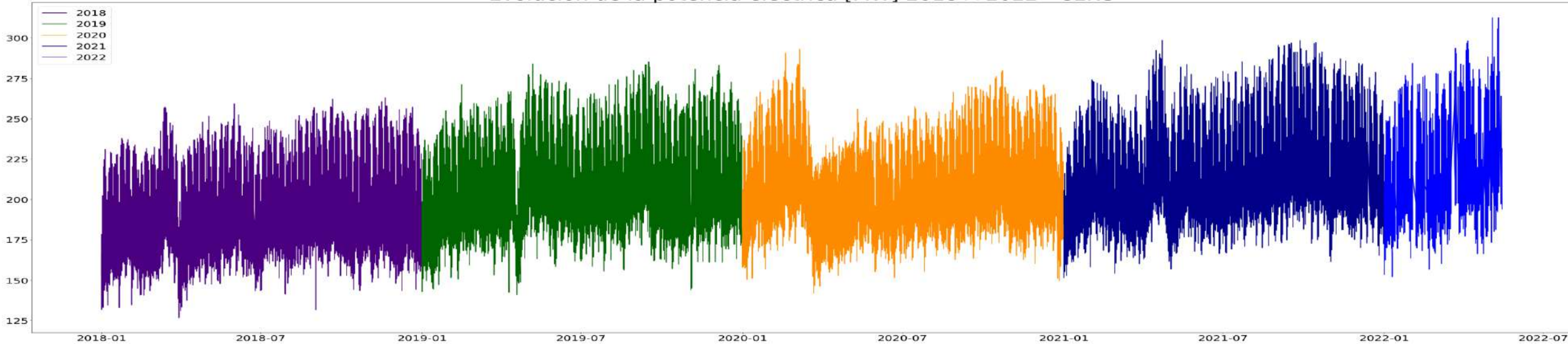
Integración (energía)

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Serie de tiempo potencia eléctrica [MW]



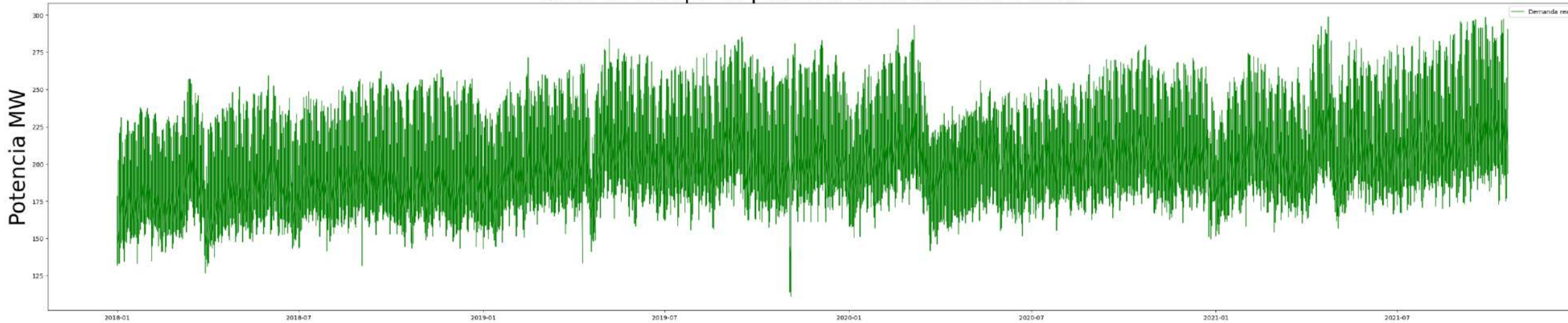
Evolución de la potencia eléctrica [MW] 2018 A 2022 - CENS



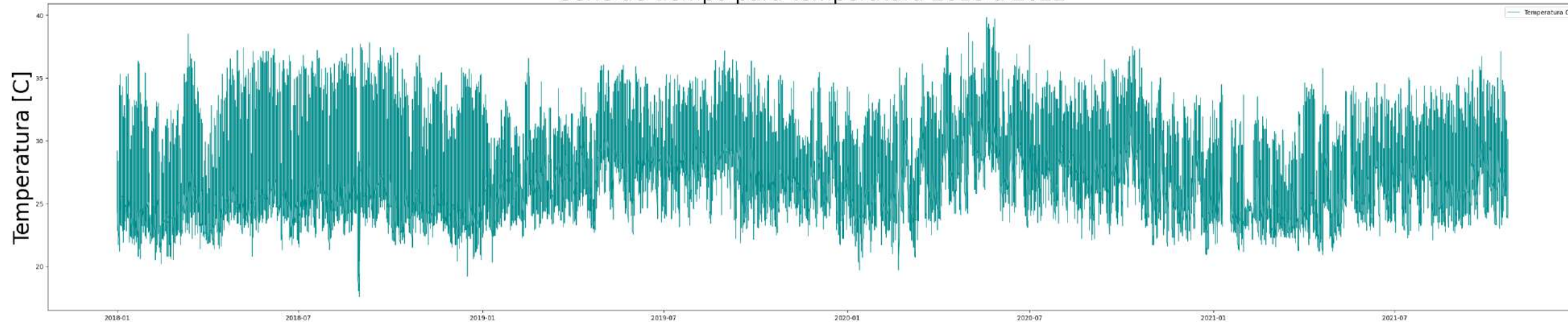
Integración (energía – temperatura)

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Serie de tiempo de potencia eléctrica 2018 a 2022



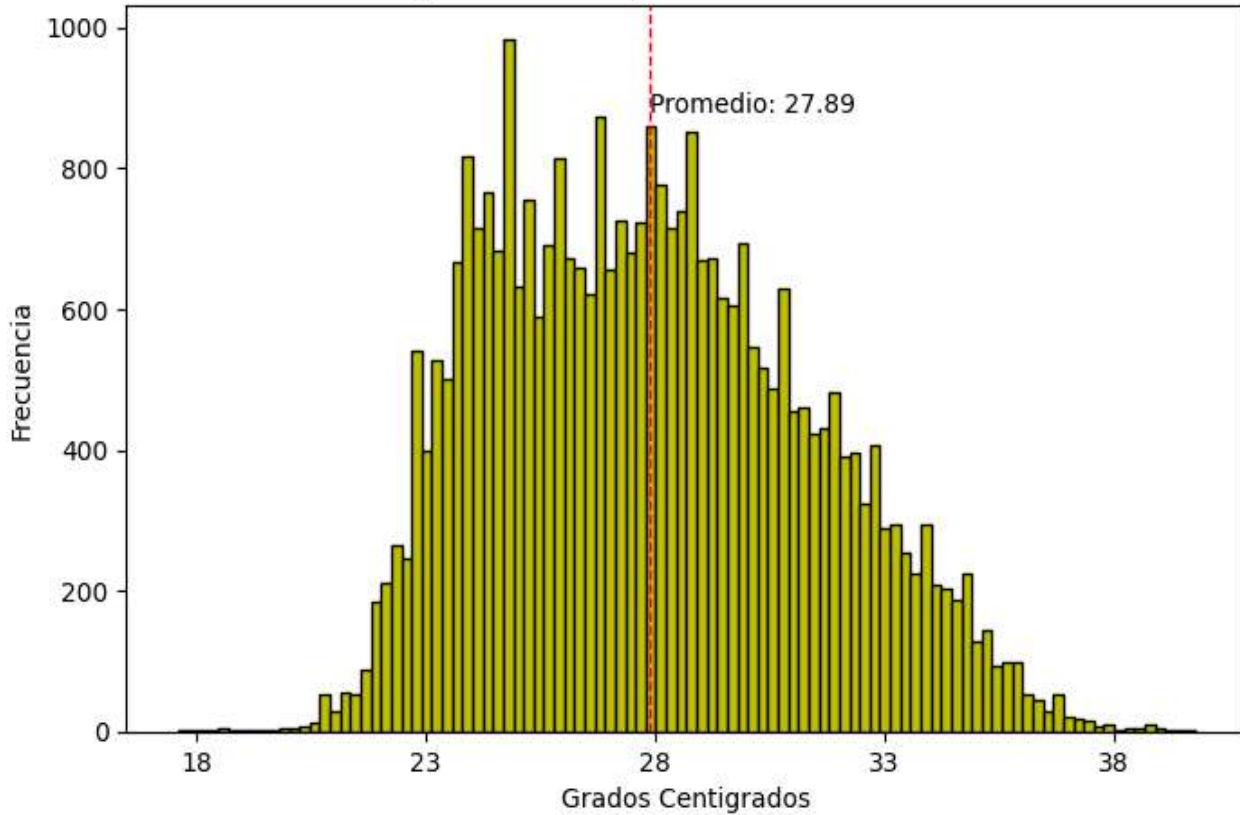
Serie de tiempo para temperatura 2018 a 2022



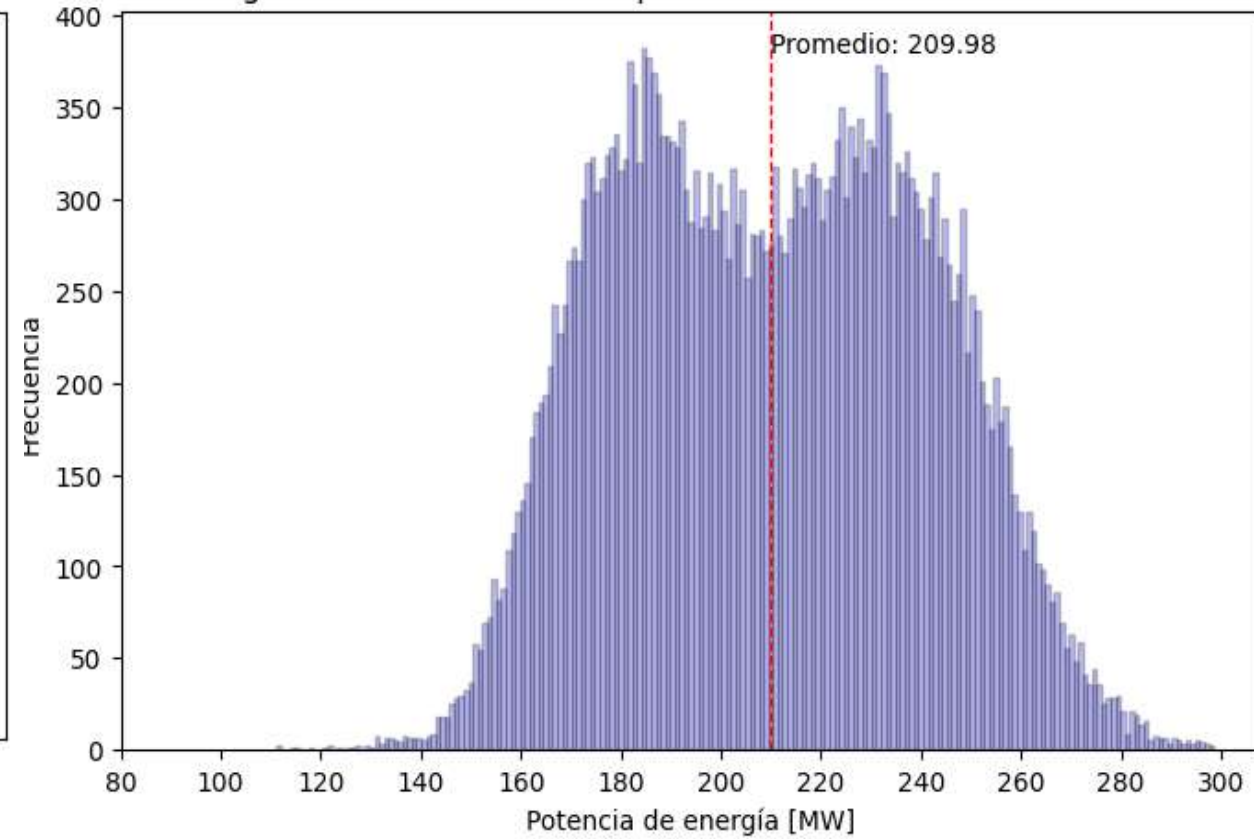
Integración (energía – temperatura)

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Histograma de temperatura horaria de Cúcuta

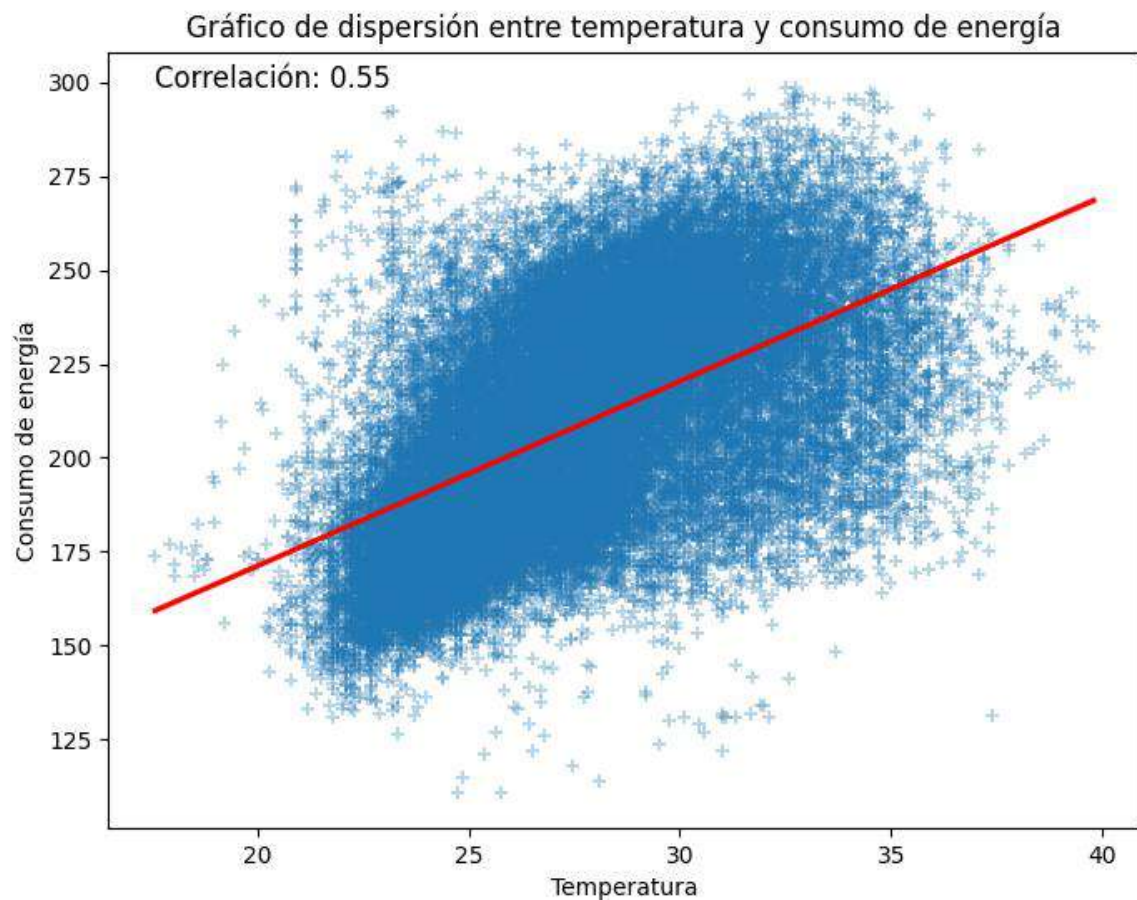


Histograma de la demanda de potencia eléctrica Norte de Santander

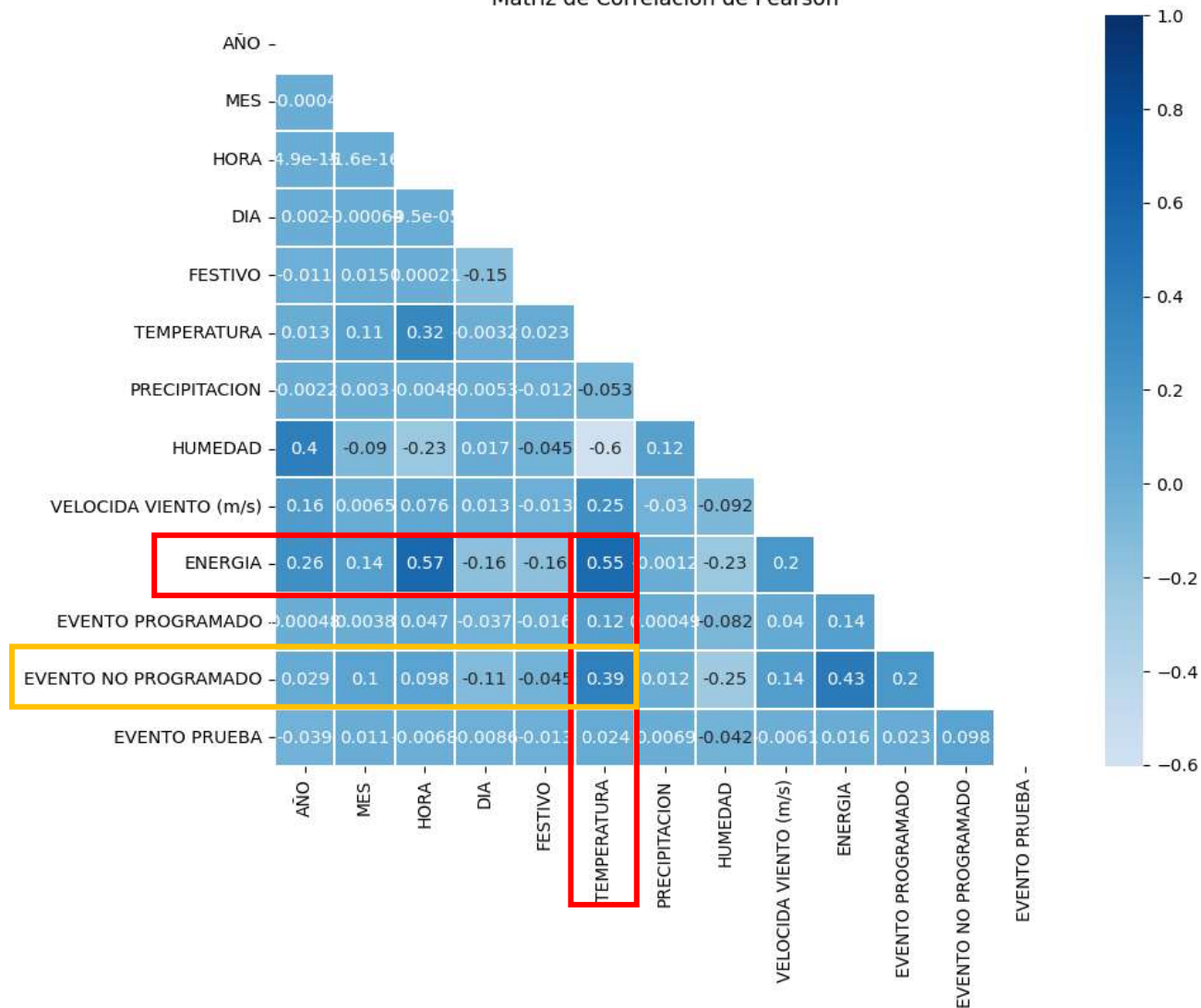


Correlación

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

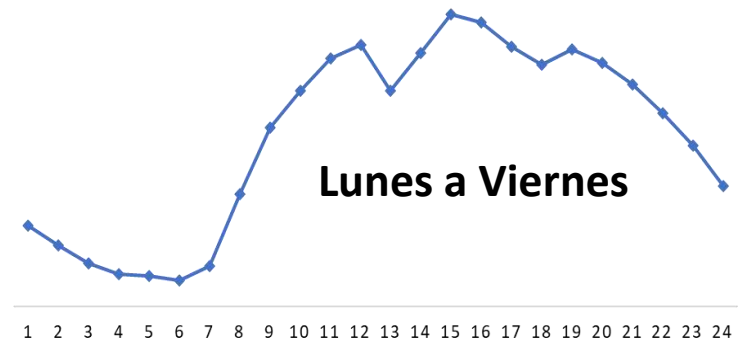


Matriz de Correlación de Pearson



Correlación energía - temperatura

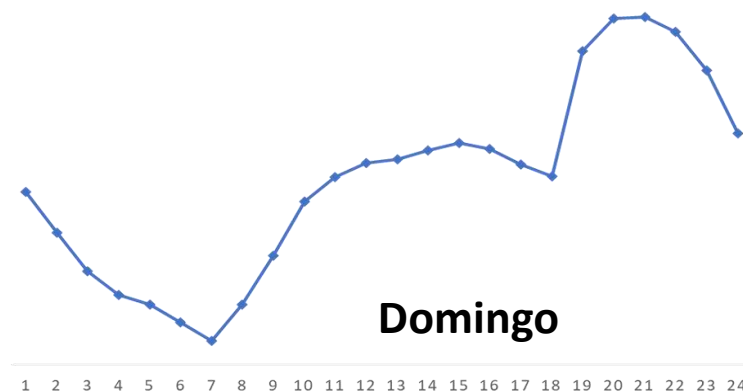
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

Para energía

1

Tipos de día

2

Horario - Mensual

3

Sin eventos adversos



datos

Modelo con mas modelos



5.7 Años



68 Meses



2,040 días

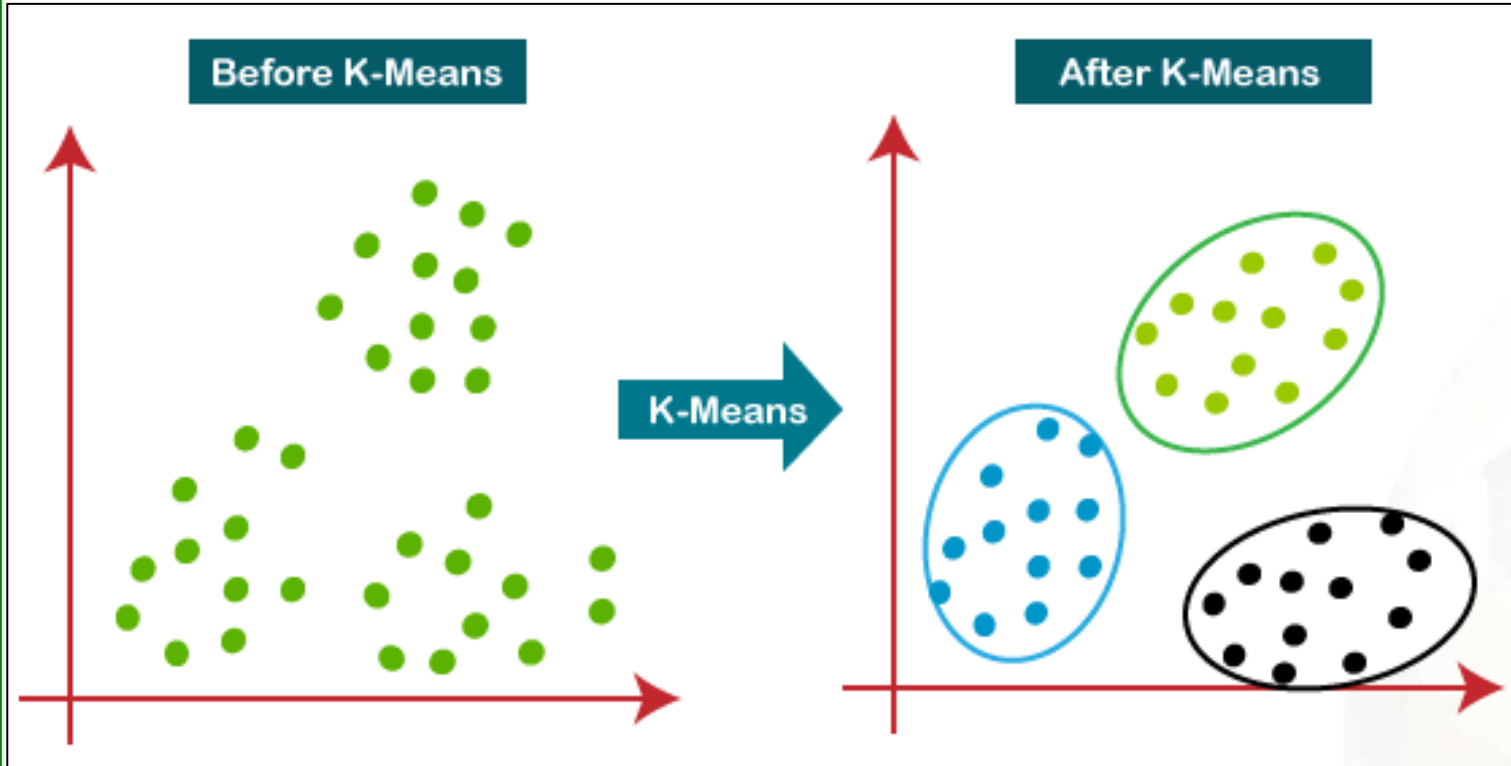


51,840 horas

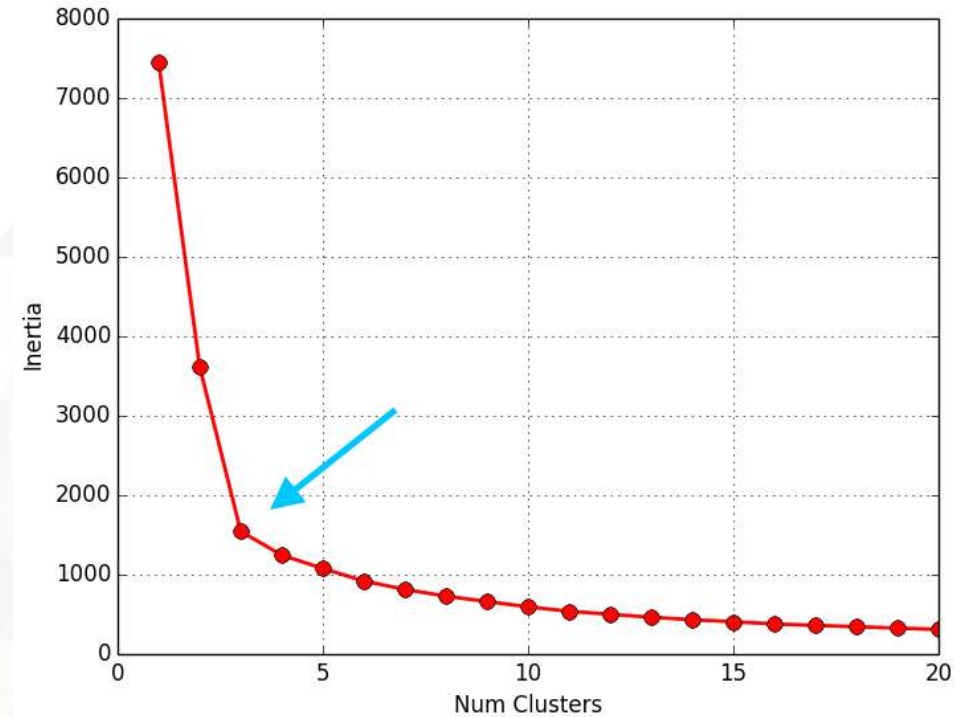
Machine Learning (K – Means)

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Agrupamiento de datos por K - Means



Codo de la curva – Definir # Grupos



Correlación energía – temperatura

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Gráfico de dispersión hora 15 - días Lunes

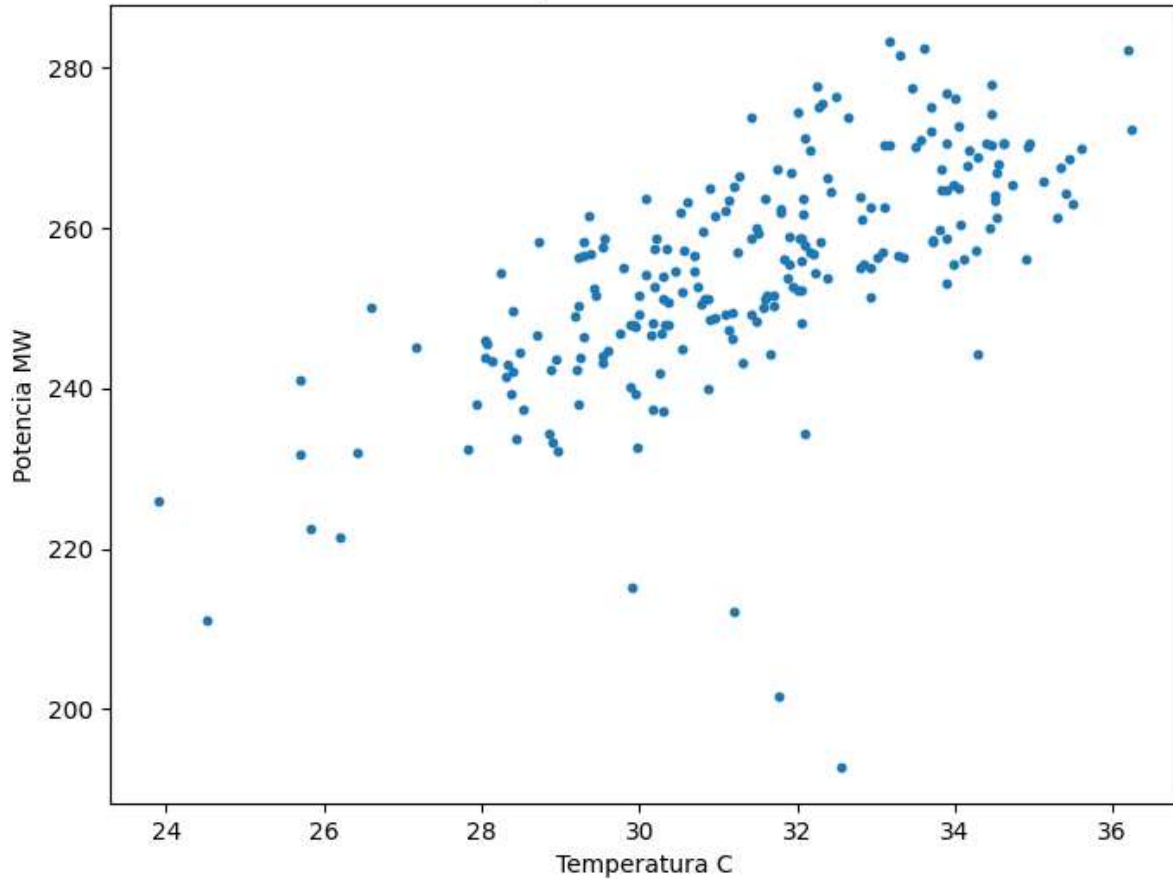
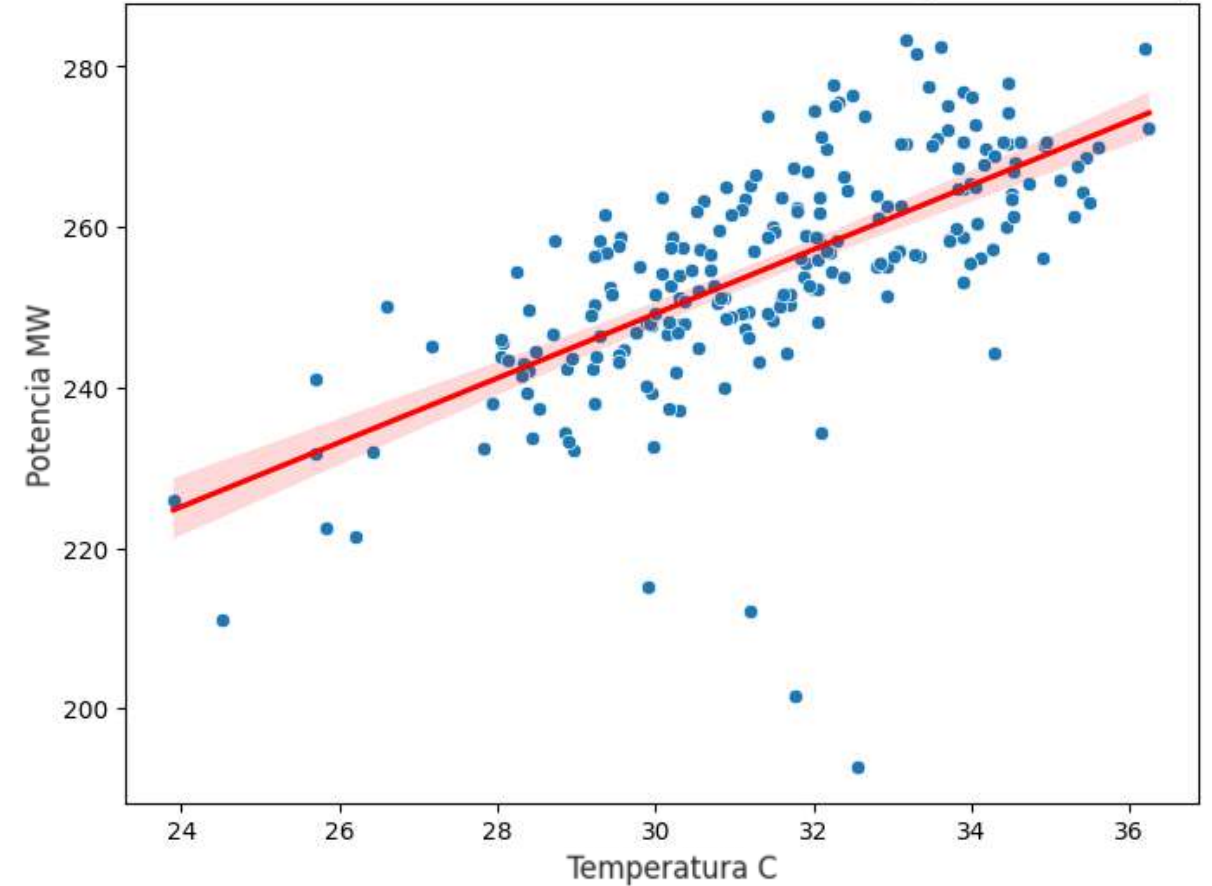


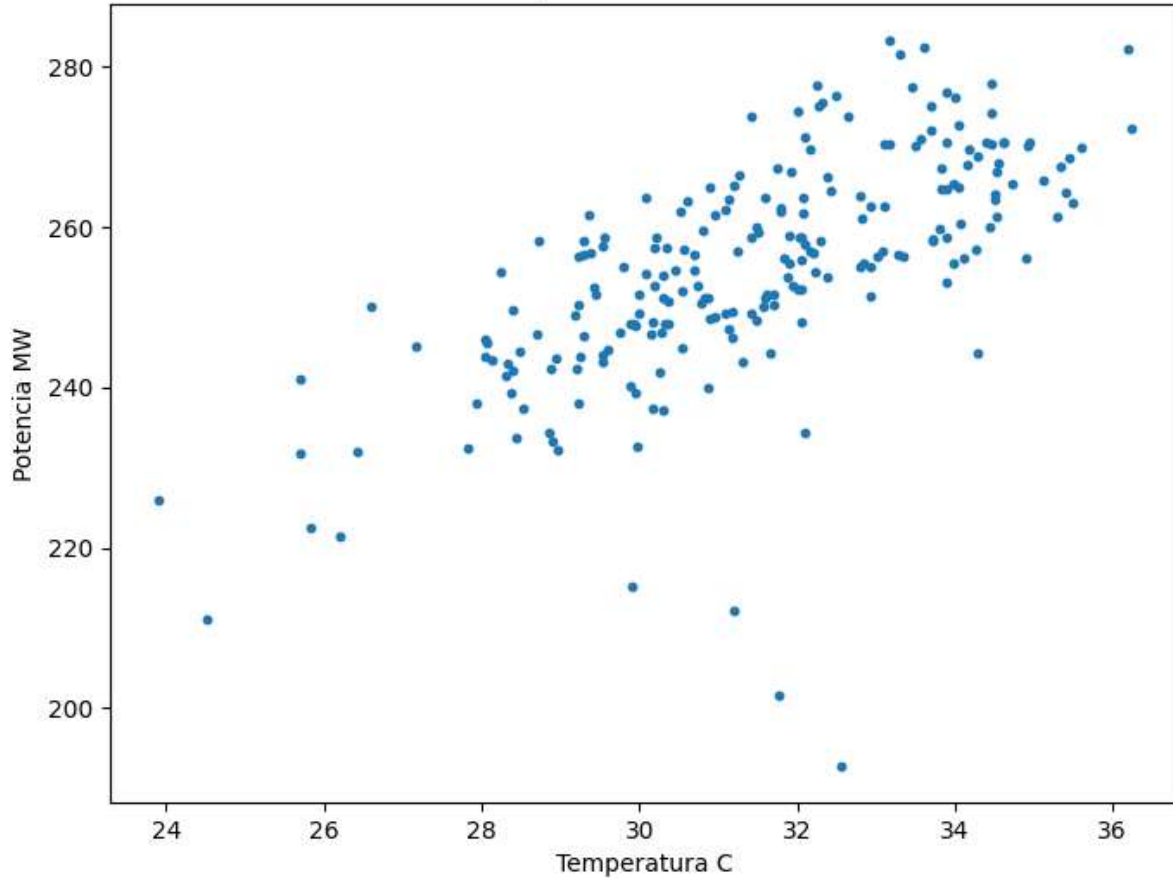
Gráfico de correlación de Pearson hora 15 - días Lunes (Correlación: 0.66)



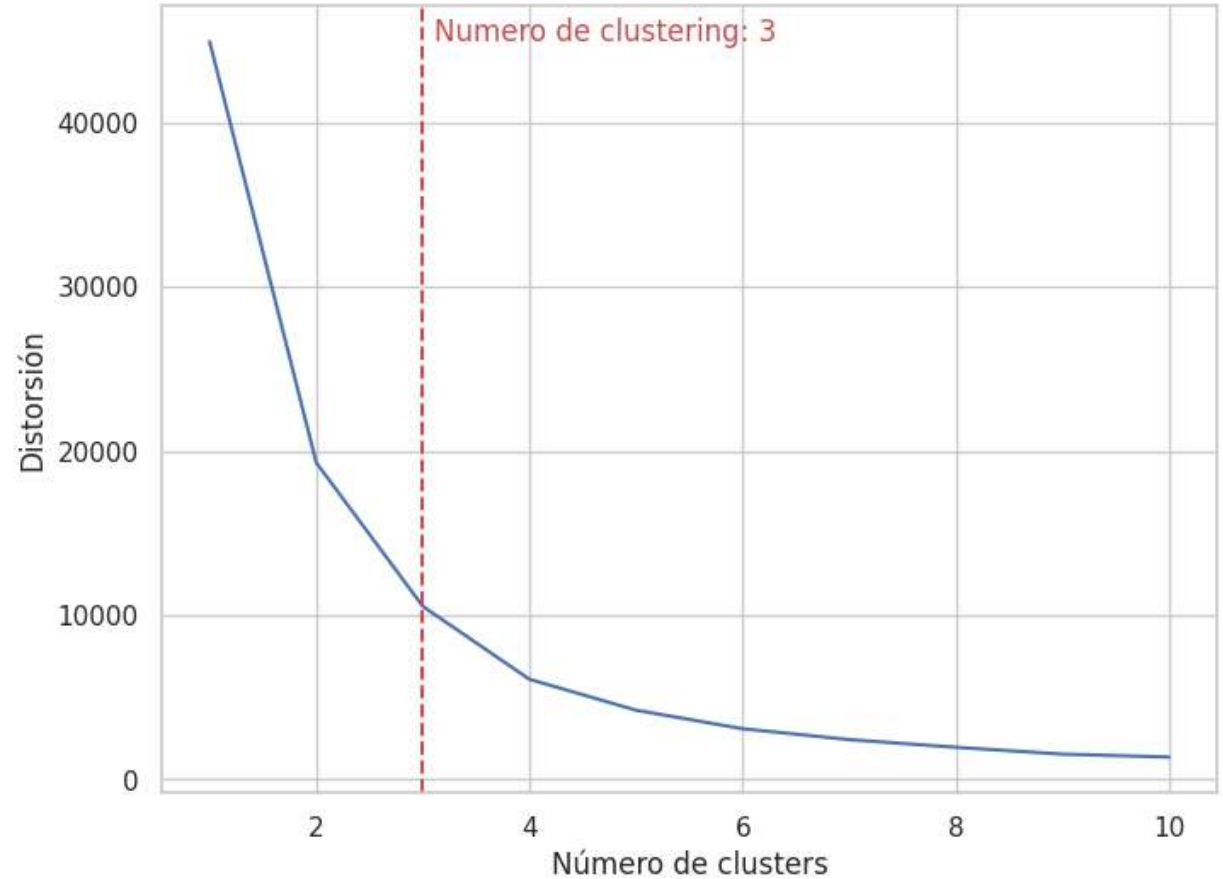
Correlación energía – temperatura

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Gráfico de dispersión hora 15 - días Lunes



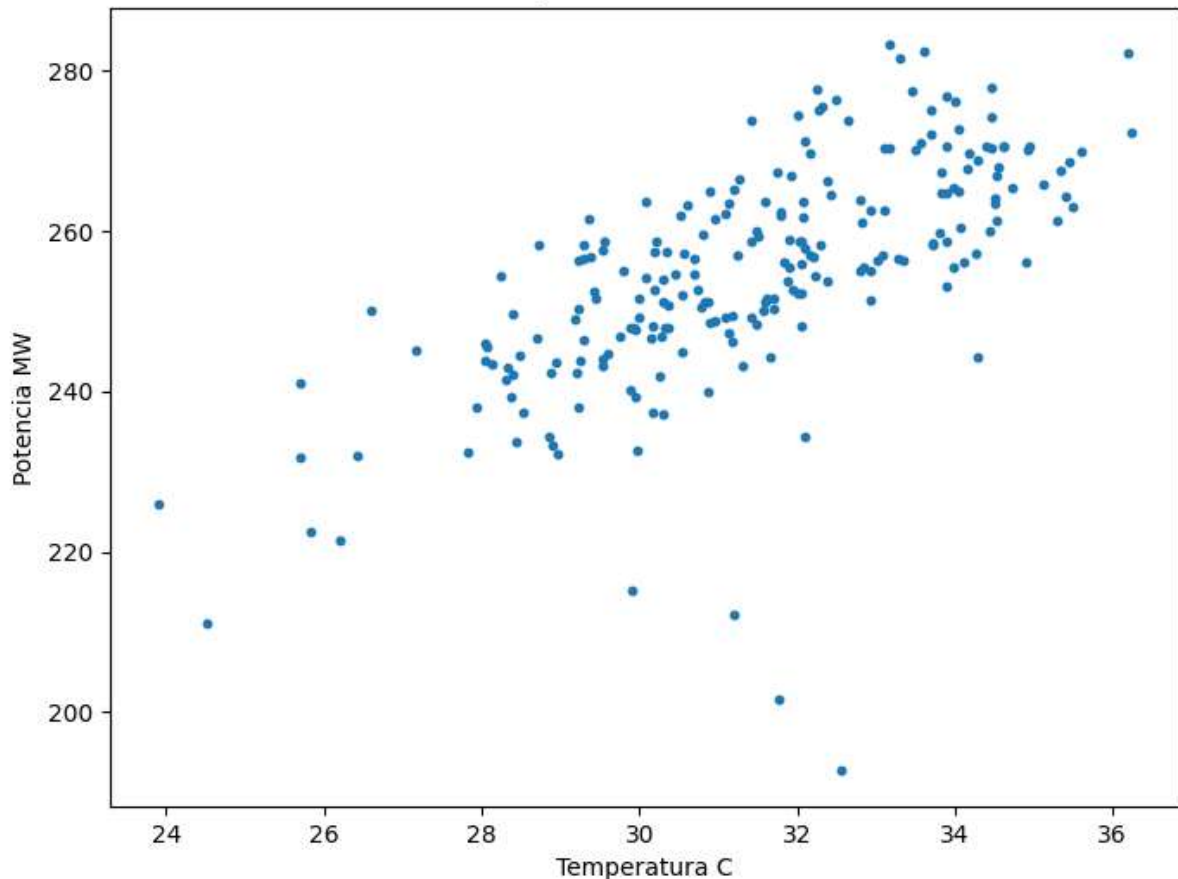
Técnica del codo de la curva



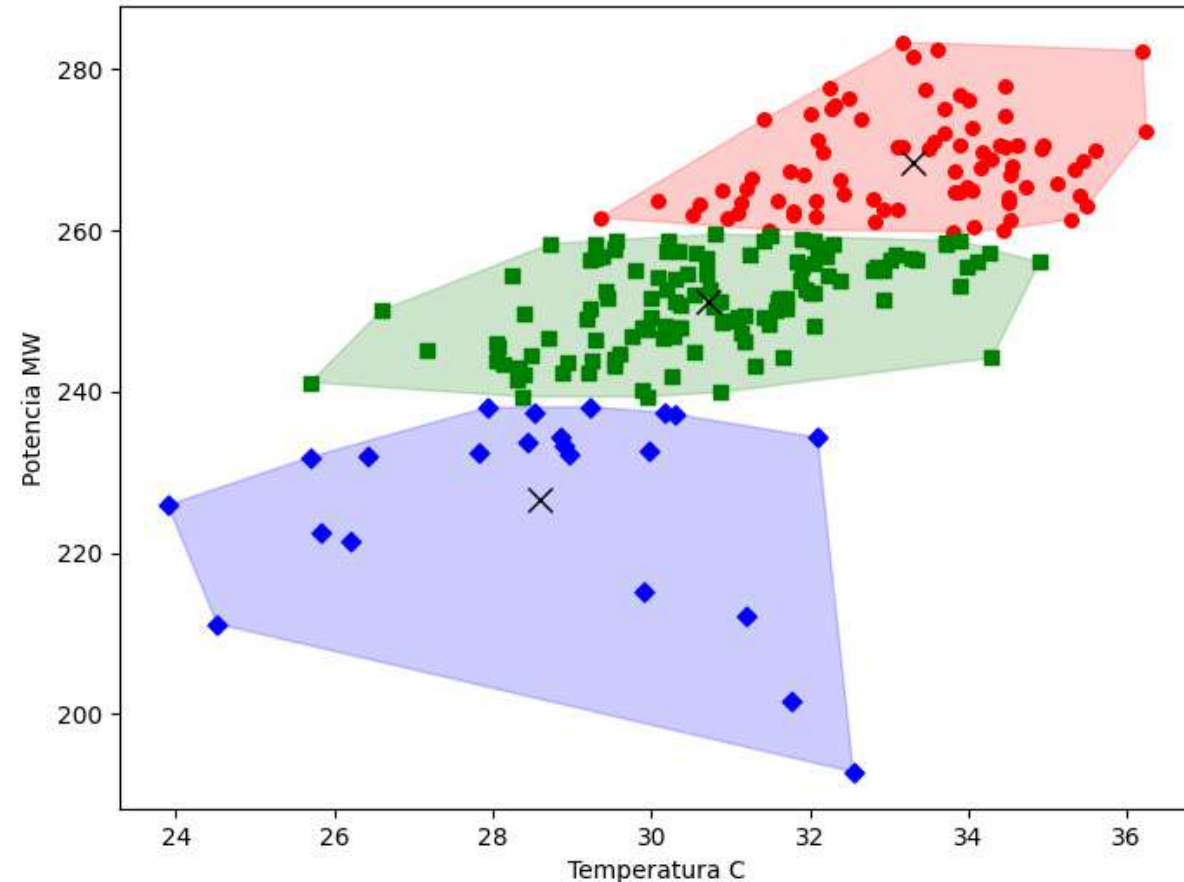
Correlación energía – temperatura

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

Gráfico de dispersión hora 15 - días Lunes

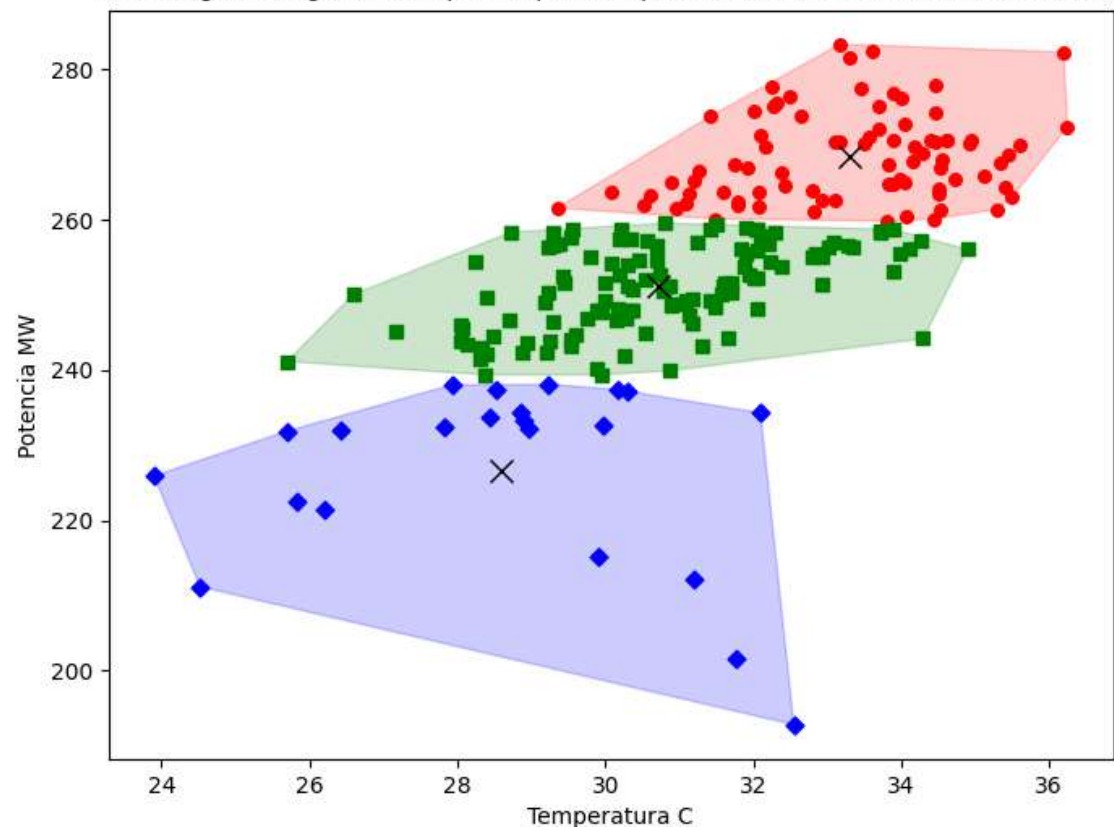


Clustering de energía en MWh por temperatura para día lunes en la hora 15 NorSantander

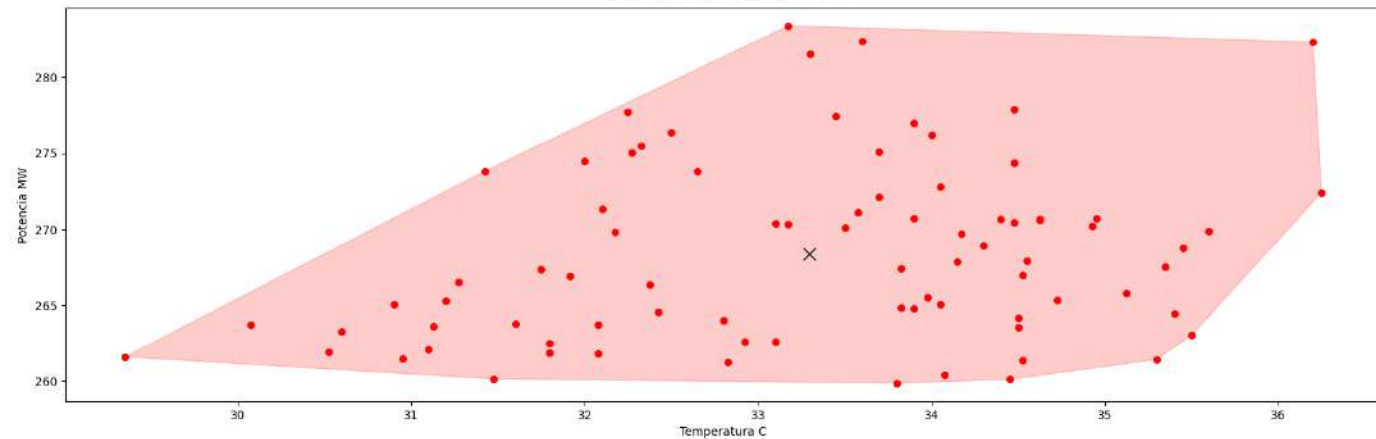


Correlación energía temperatura

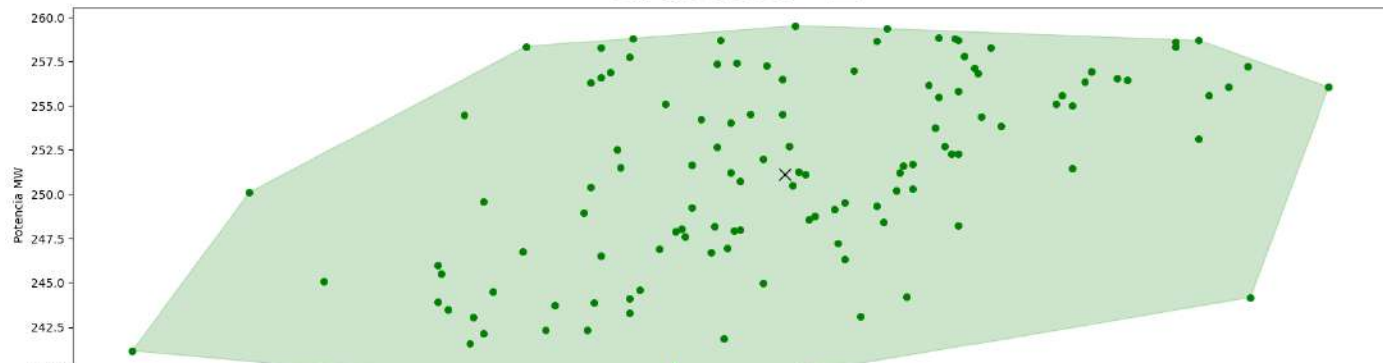
Clustering de energía en MWh por temperatura para día lunes en la hora 15 NorSantander



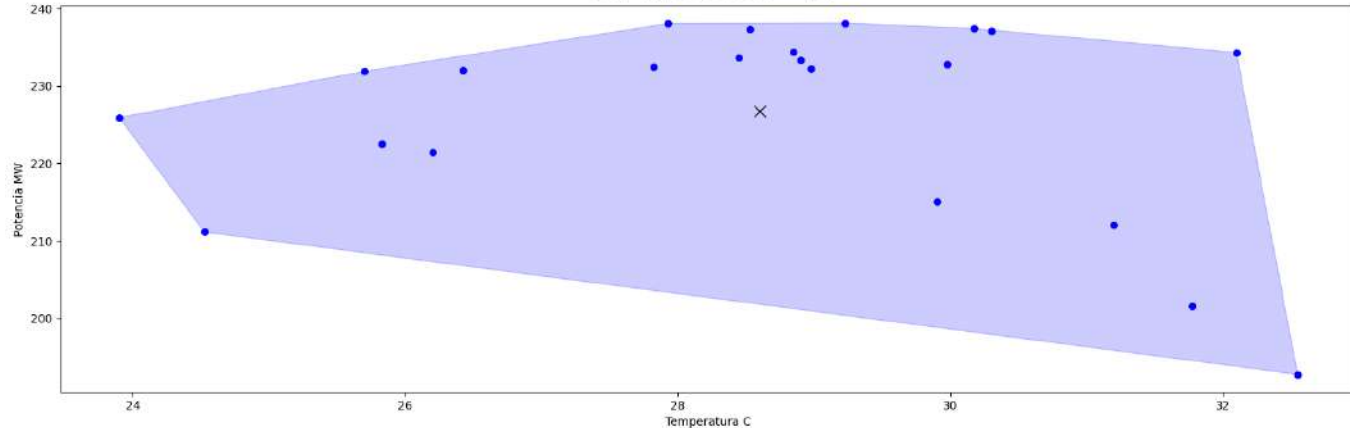
Cluster 1



Cluster 2

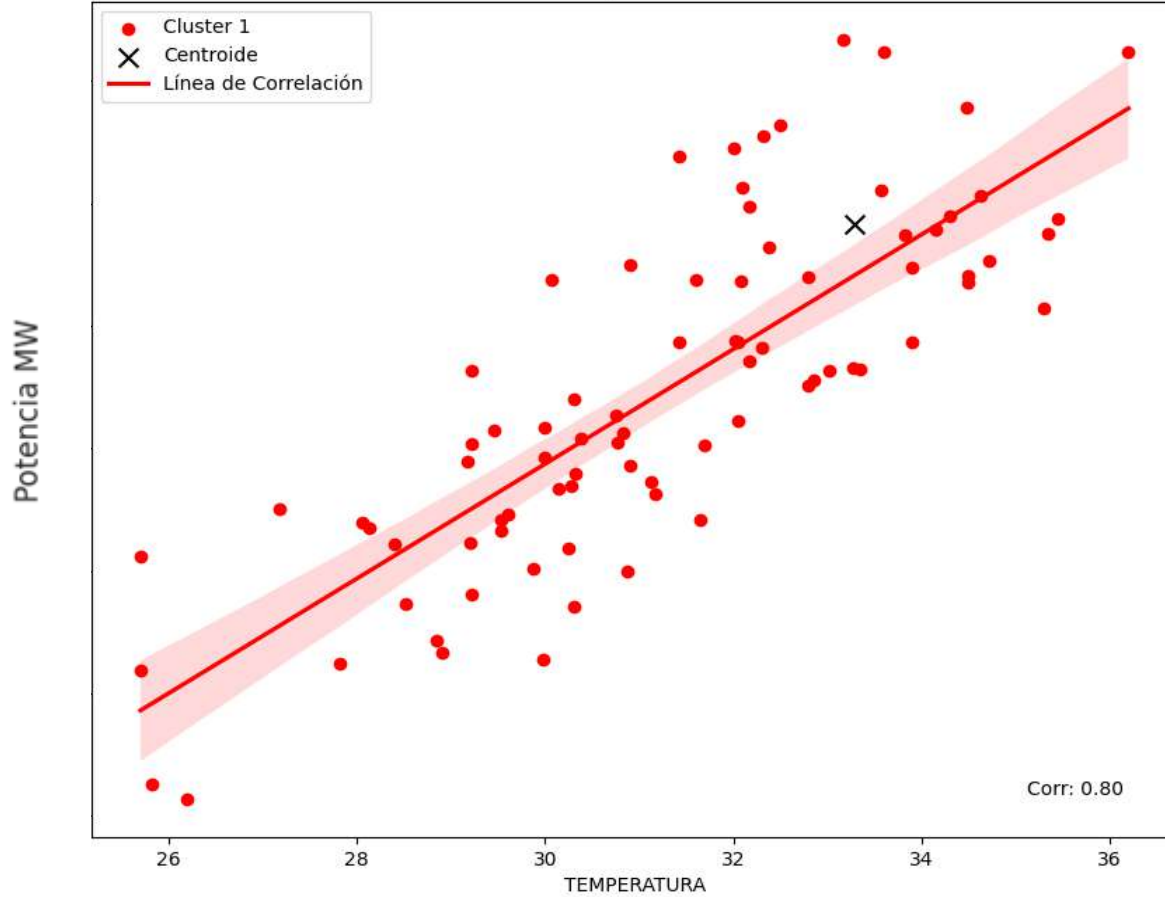


Cluster 3

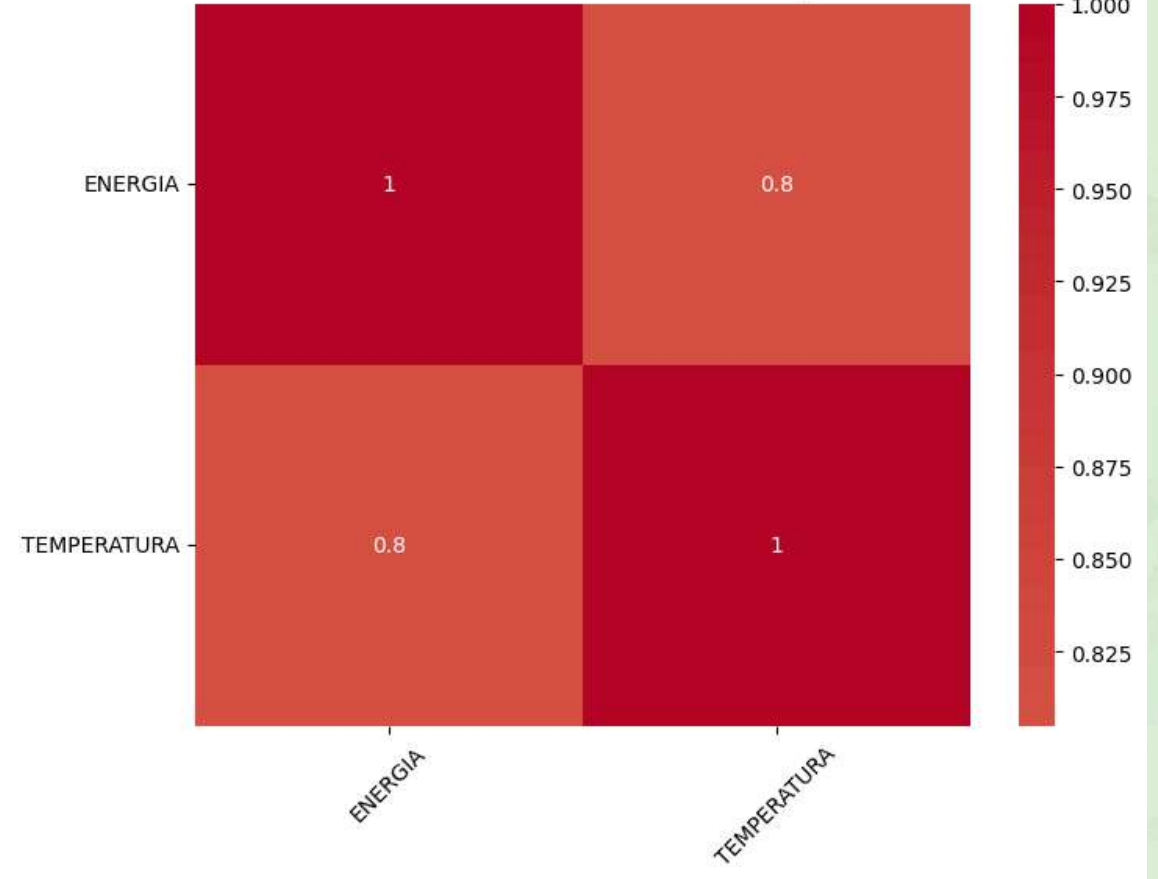


Correlación energía – temperatura

Gráfico de Dispersión - Cluster 1



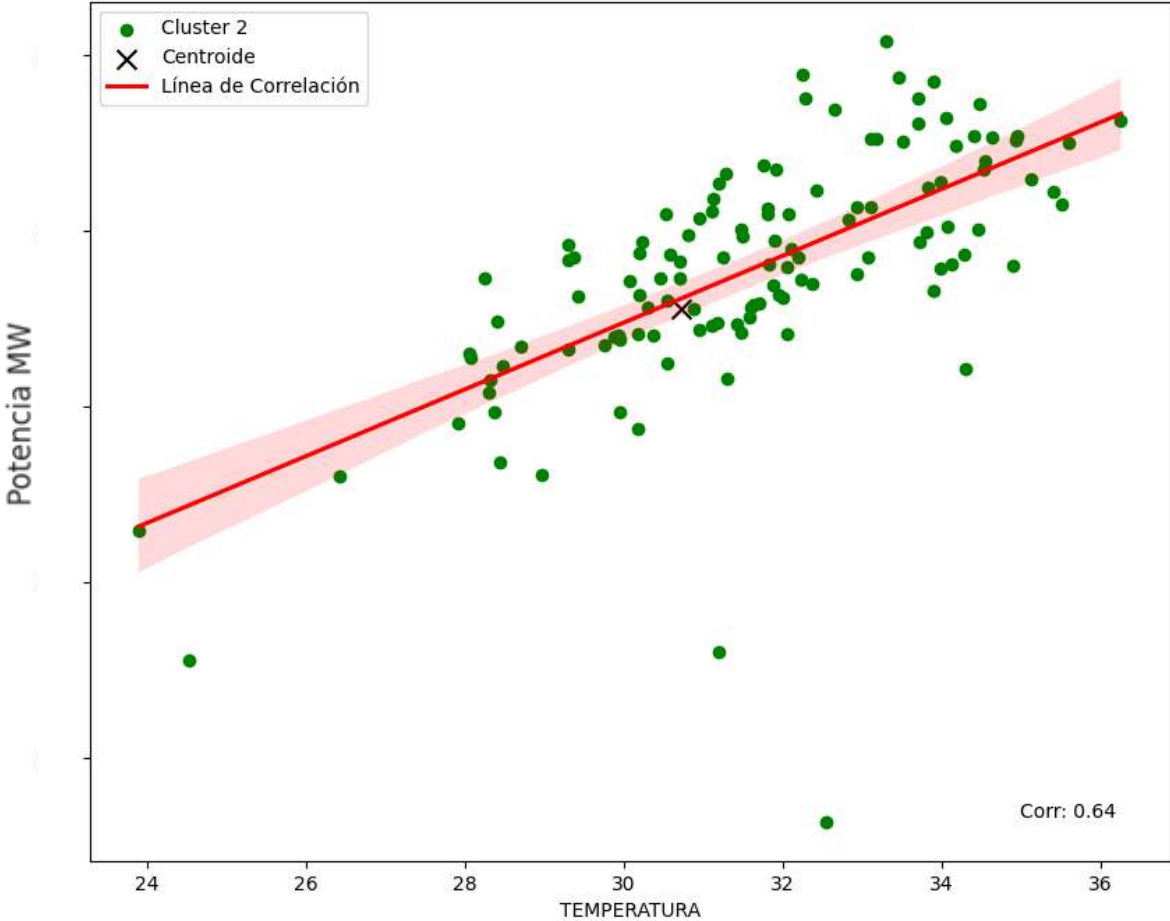
Cluster 1 - Correlación con Heatmap



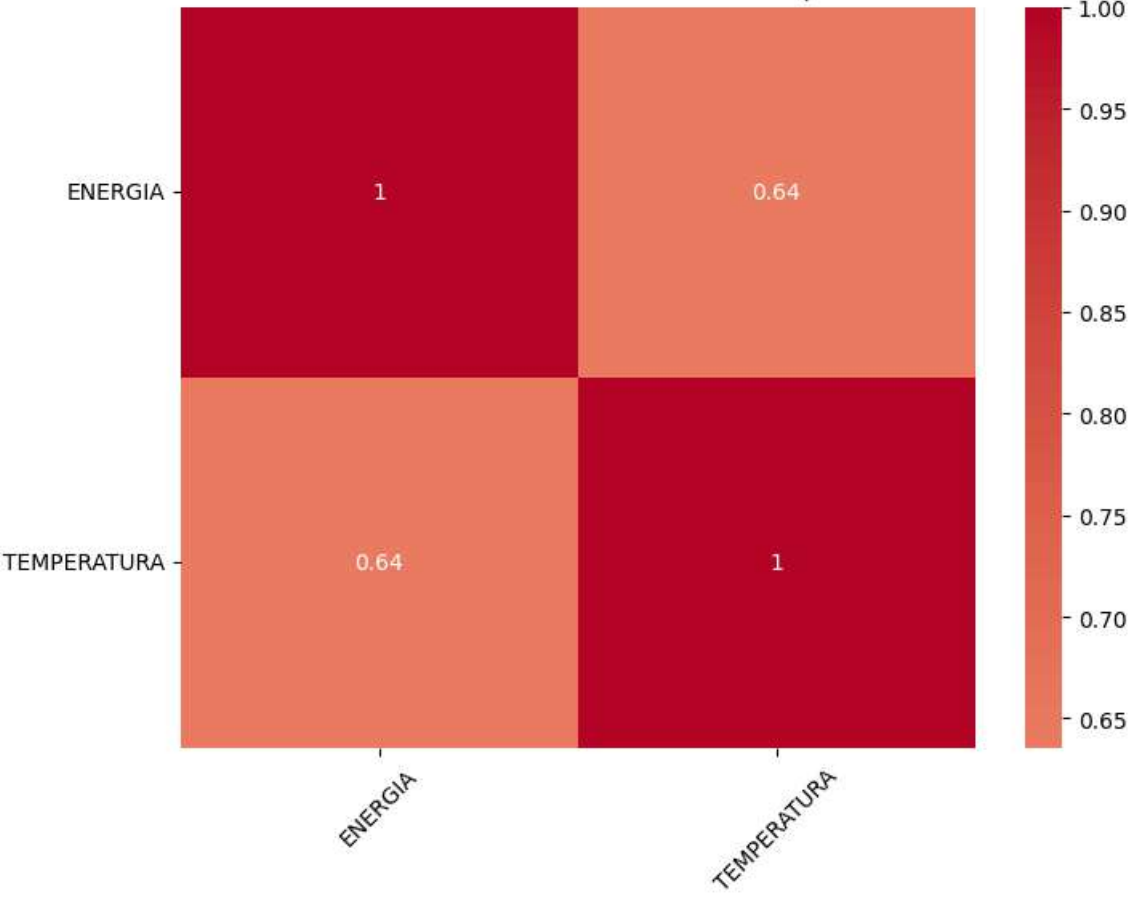
Correlación energía – temperatura

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

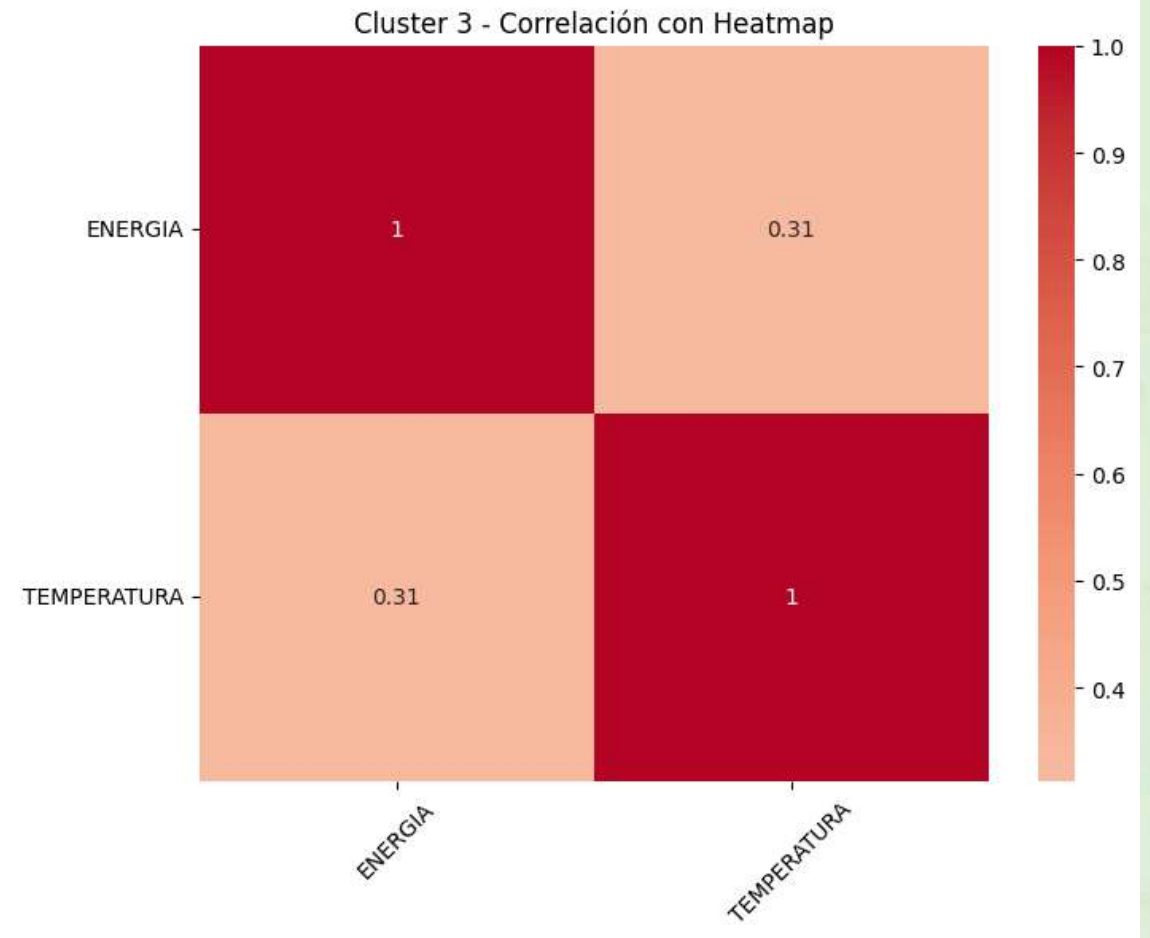
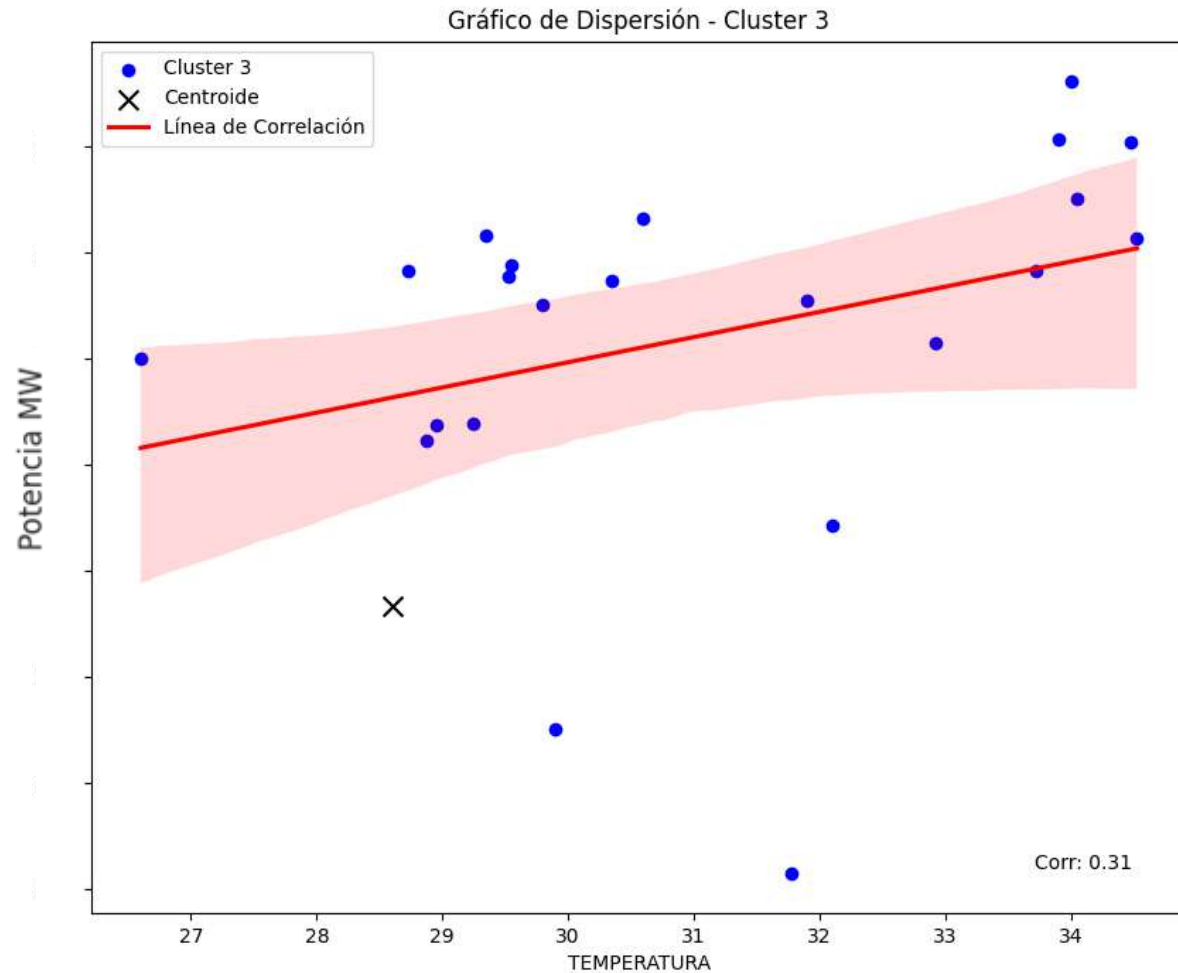
Gráfico de Dispersión - Cluster 2



Cluster 2 - Correlación con Heatmap

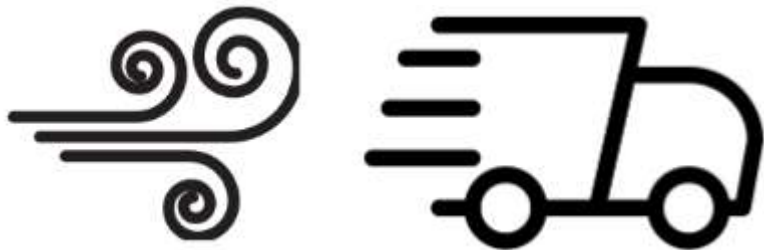


Correlación energía – temperatura



Eventos no programados

Velocidad del viento



BD de cuadrillas



id_evento	FECHA	DESCRIPCION CAUSA	REGIONAL	CUADRILLA
1964542	01/11/2021 00:52:42	7FT02. FALLA DE FUSIBLES	TCUC	MOVIL M03 CUCUTA
1964606	01/11/2021 02:21:27	8FL01 AC-ACOMETIDA EN COI	CUC	M43 TURNO REPARA
1964616	01/11/2021 04:35:19	8FU17 SN-SERVICIO NORMAL	PAM	MOVIL M32 PAMPLO
1964468	01/11/2021 05:08:36	6FO12. DESCARGAS ATMOSF	PAM	BOCHALEMA AGENT
1964622	01/11/2021 05:40:56	8FU15 RTE-REPORTES TRANS	CUC	M35 CANASTA CUCU
1964626	01/11/2021 06:14:15	6FO12. DESCARGAS ATMOSF	TIB	MOVIL M32 GRAMAL
1964628	01/11/2021 06:17:52	7FT05. FALLA BUJE / DPS / CC	TIB	MOVIL M03 SALAZAF
1964630	01/11/2021 06:19:47	6FL01. FALLA POSTE Y/O EST	PAM	BOCHALEMA AGENT
1964632	01/11/2021 06:20:09	8FL04 AS_ACOMETIDA SULFA	CUC	MOVIL M03 CUCUTA
1964642	01/11/2021 06:31:41	8SD01 SERVICIO DIRECTO - M	CUC	M43 TURNO REPARA
1964646	01/11/2021 06:38:31	6FL10. FALLA DE FUSIBLES C	TIB	DURANIA AGENTE R
1964122	01/11/2021 06:45:14	7FL10. FALLA DE FUSIBLES C	PAM	BOCHALEMA AGENT
1964652	01/11/2021 06:52:23	6FO12. DESCARGAS ATMOSF	TIB	MOVIL M32 ZULIA
1964656	01/11/2021 07:03:22	8FL04 AS_ACOMETIDA SULFA	OCA	MOVIL M05 HACARI
1964662	01/11/2021 07:16:42	8FU25 DAÑO MEDIDOR BICUE	CUC	MOVIL M03 CUCUTA
1964664	01/11/2021 07:17:47	6FL04. LINEA ROTA	TIB	MOVIL M05 GRAMAL
1964670	01/11/2021 07:25:10	7FO12. DESCARGAS ATMOSF	OCA	EL CARMEN AGENTE
1964672	01/11/2021 07:27:25	8FU14 REP-REPORTES VARIC	TIB	MOVIL M32 BUCARA
1964674	01/11/2021 07:27:42	8FL01 AC-ACOMETIDA EN COI	CUC	MOVIL M03 CUCUTA
1964678	01/11/2021 07:35:06	8FU01 CS_NO SE ENCUENTRA	CUC	M49 CANASTA CUCU
1964680	01/11/2021 07:35:37	8FU14 REP-REPORTES VARIC	CUC	M43 TURNO REPARA
1964682	01/11/2021 07:47:23	7FL08. RAMAS SOBRE LA REI	TIB	ZULIA AGENTE RECA
1964684	01/11/2021 07:49:49	7FO12. DESCARGAS ATMOSF	OCA	ABREGO AGENTE RI
1964686	01/11/2021 07:51:35	8FU09 NN-NO LLAMARON CA	S TIB	MOVIL M03 SAN ROC
1964688	01/11/2021 07:54:13	6FL10. FALLA DE FUSIBLES C	CUC	MOVIL M05-1 CUCUT.
1964696	01/11/2021 08:11:30	8FU25 DAÑO MEDIDOR BICUE	CUC	M41 TURNO REPARA
1964698	01/11/2021 08:13:00	8FU01 CS_NO SE ENCUENTRA	CUC	M49 CANASTA CUCU
1964700	01/11/2021 08:13:25	8FU03 OC-ORDEN CANCELAD	CUC	ATENCIÓN TECNICA
1964702	01/11/2021 08:14:03	8FU11 RCC-REPORTES CONTI	CUC	M43 TURNO REPARA
1964708	01/11/2021 08:17:13	8FL03 A.R-ACOMETIDA ROTA	CUC	M42 TURNO REPARA
1964710	01/11/2021 08:18:27	6PO12. APERTURA PROGRAM	TIB	MOVIL M32 TIBU
1964714	01/11/2021 08:24:04	8FU25 DAÑO MEDIDOR BICUE	CUC	MOVIL M05-2 CUCUT.
1964720	01/11/2021 08:29:57	8FU19 CONEXIÓN Y DESCON	CUC	M19 TURNO REPARA
1964722	01/11/2021 08:30:38	8FL08 ICN-INSTALO CAMBIO A	CUC	MOVIL M03 CUCUTA



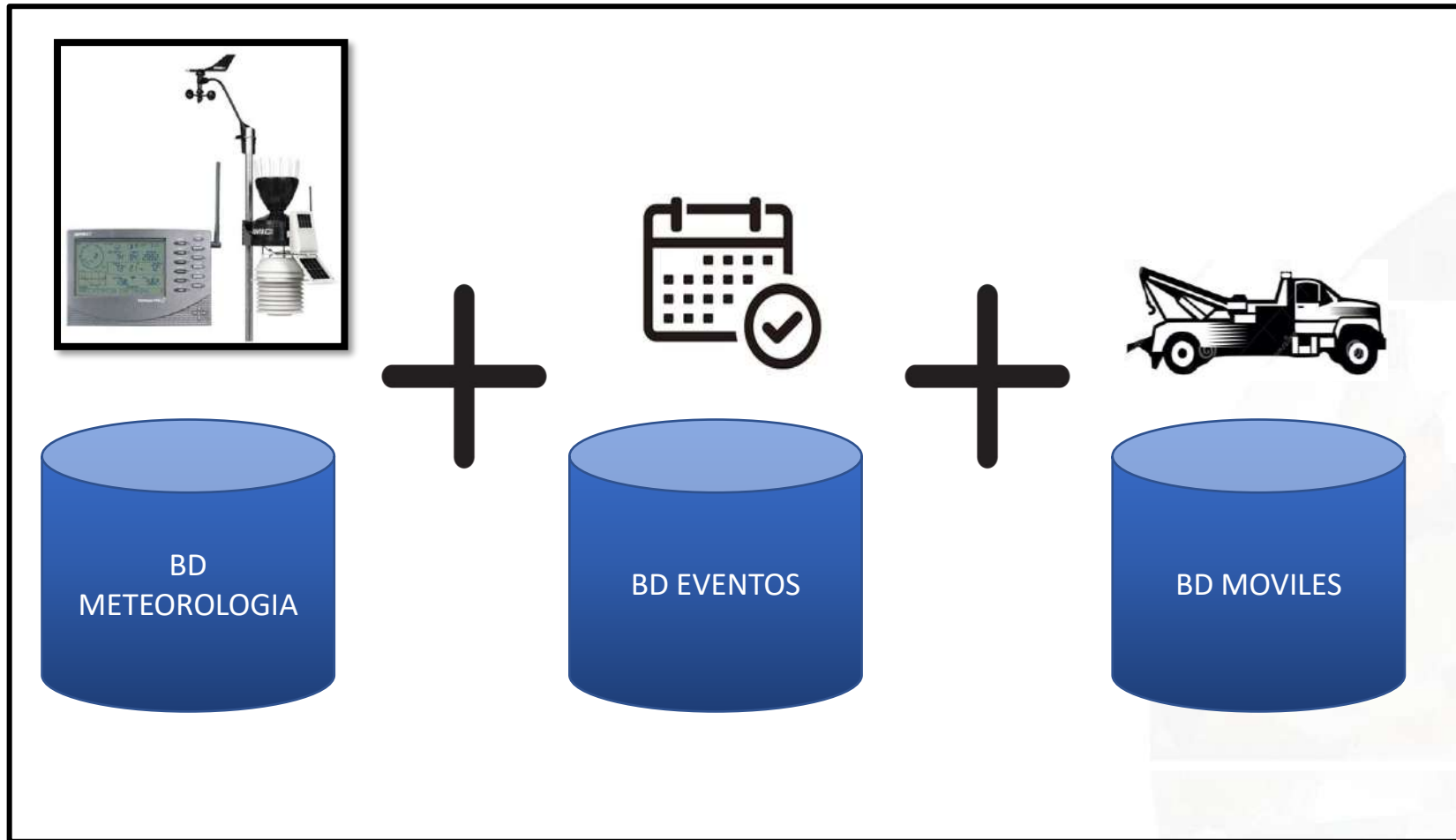
10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

AÑO	MES	DIA	CANT. MOVILES
2020		1	1
2020		1	1
2020		1	1
2020		1	2
2020		1	3
2020		1	4
2020		1	5
2020		1	6
2020		1	7
2020		1	8
2020		1	9
2020		1	10
2020		1	11
2020		1	12
2020		1	13
2020		1	14
2020		1	15
2020		1	16
2020		1	17
2020		1	18
2020		1	19
2020		1	20
2020		1	21
2020		1	22
2020		1	23
2020		1	24
2020		1	25
2020		1	26
2020		1	27
2020		1	28
2020		1	29
2020		1	30
2020		1	31

Correlación entre variables

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



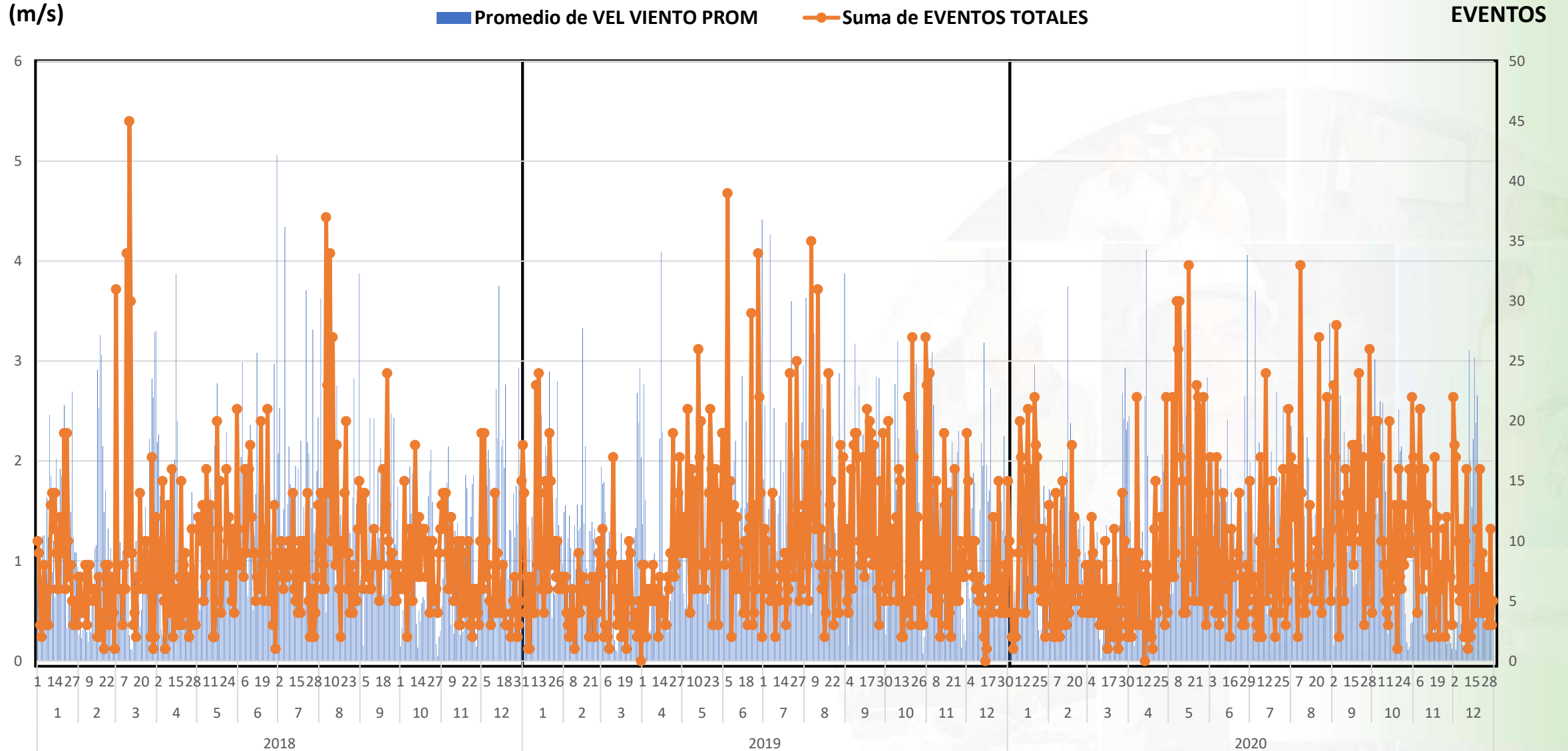
VELOCIDAD DE
VIENTO
PROMEDIO VS
EVENTOS

VELOCIDAD DE
VIENTO
PROMEDIO VS
MOVILES

EVENTOS VS
MOVILES

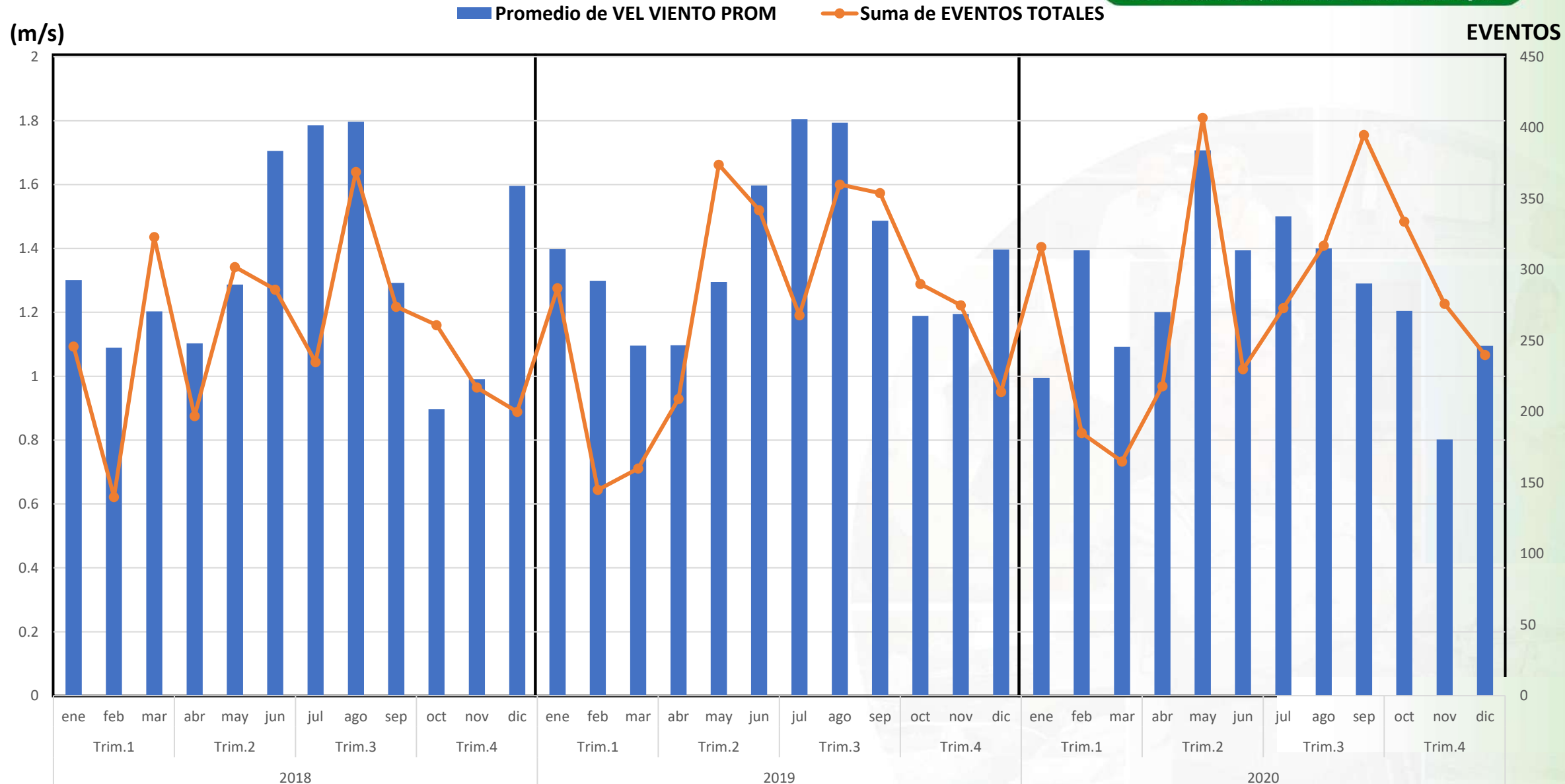
Velocidad viento – eventos diarios

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



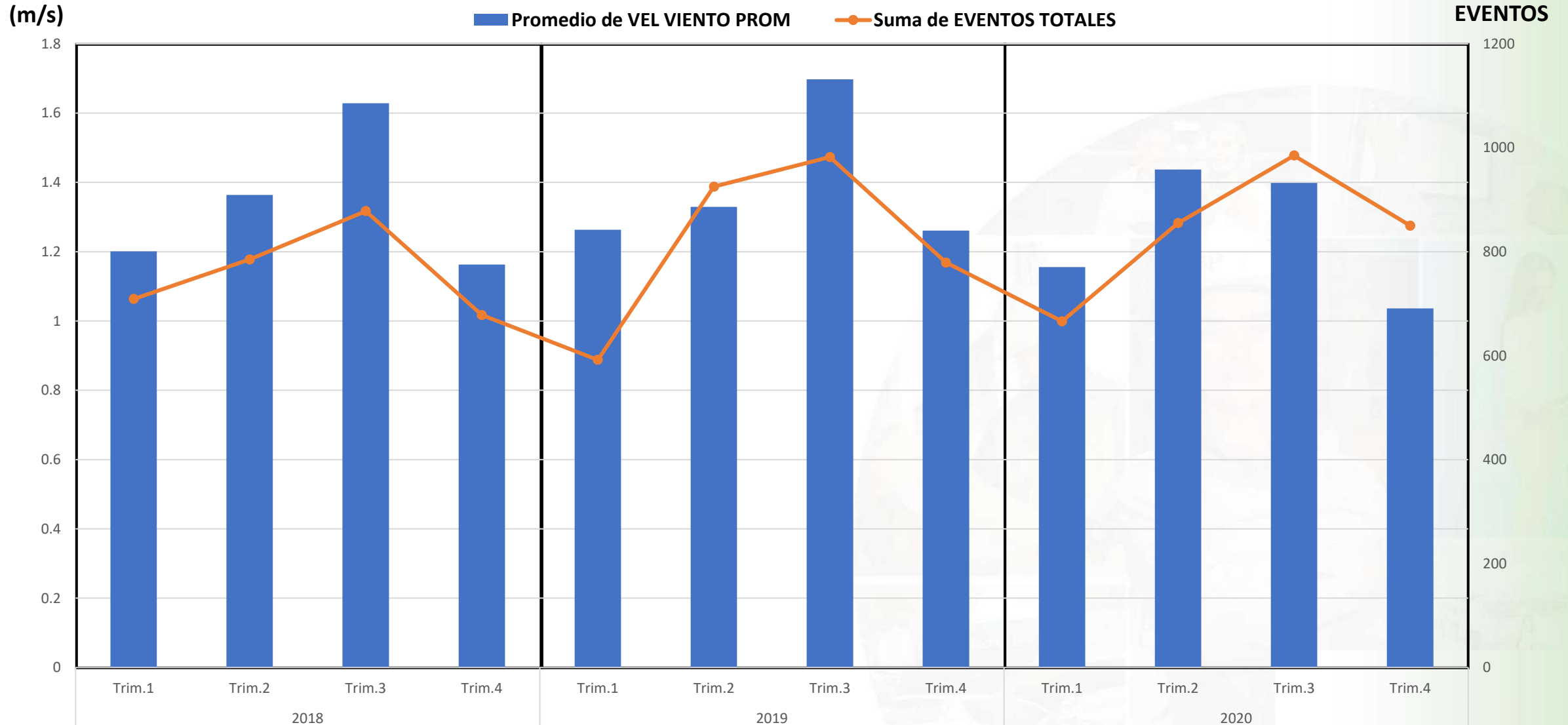
Velocidad viento – eventos mensuales

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Velocidad viento – eventos trimestrales

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital



Velocidad viento – Cuadrillas

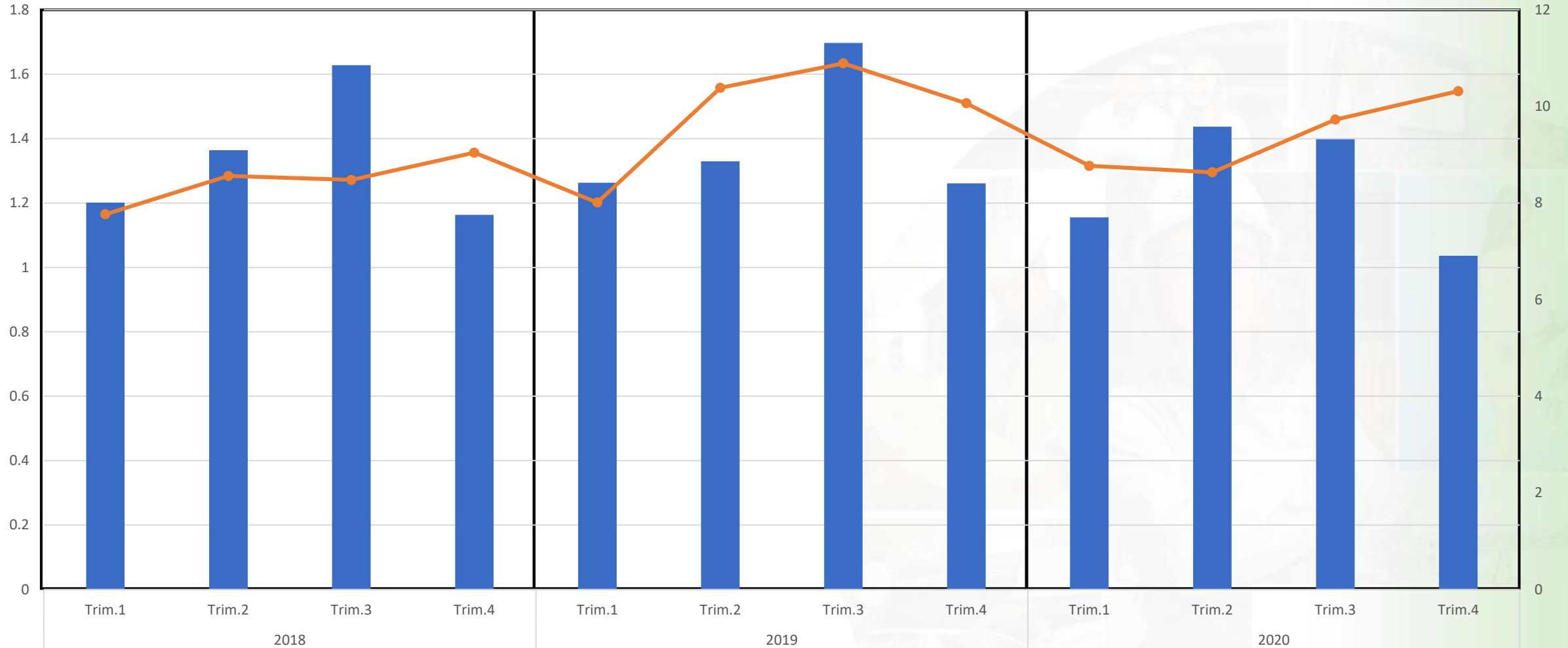
- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

(m/s)

Promedio de VEL VIENTO PROM

Promedio de CONTAR MOVILES

EVENTOS



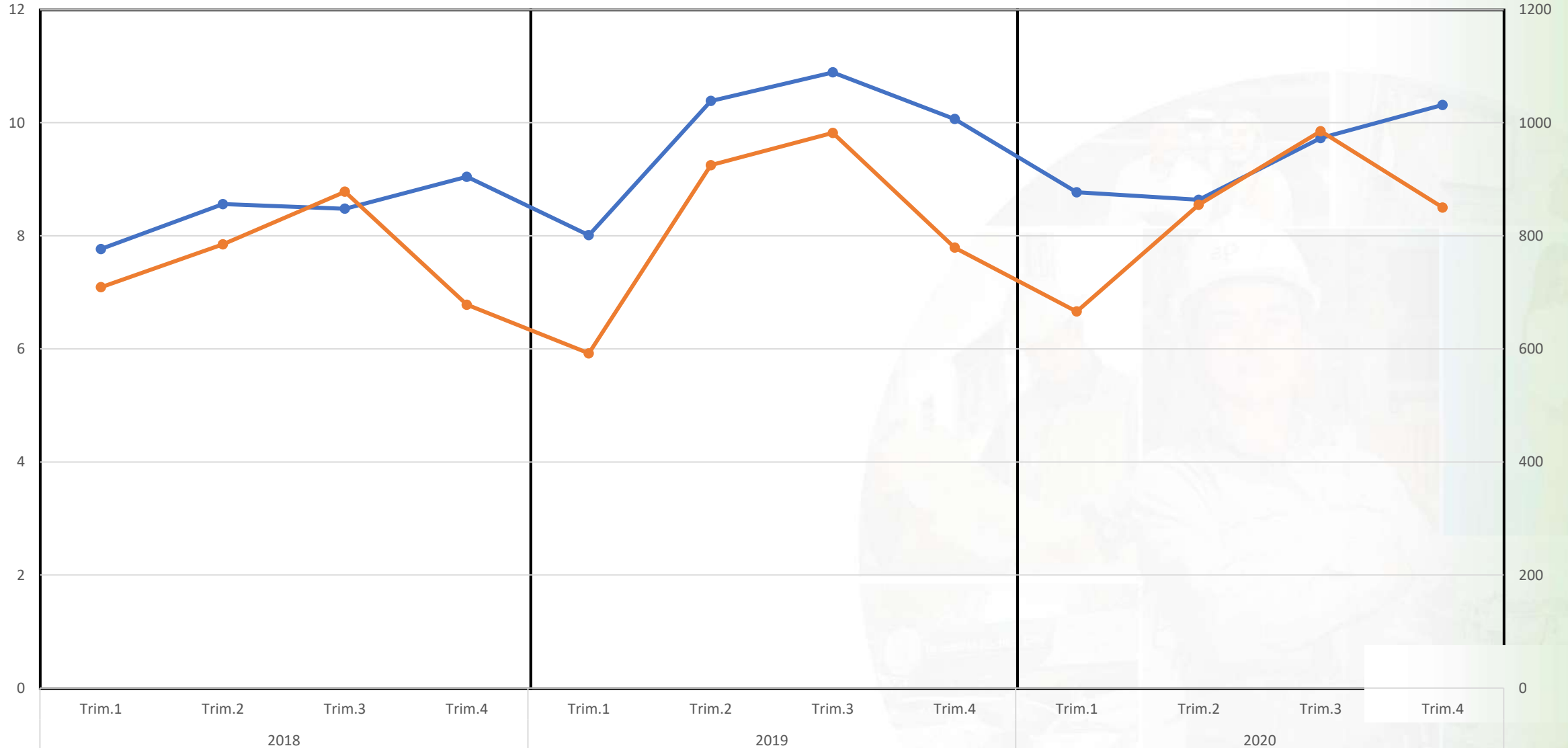
Velocidad viento – Cuadrillas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

MOVILES

Promedio de CONTAR MOVILES Suma de EVENTOS TOTALES

EVENTOS



10° Encuentro de Proveedores y Contratistas Grupo EPM V Edición Jornadas Técnicas

- Transición energética
- Economía circular
- Rentabilización de operaciones
- Transformación digital

¡Gracias!

Grupo·epm