Aplicación de R para mantenimiento predictivo en Industria 4.0

Manuel Vaamonde Rivas (ITMATI), Manuel Febrero Bande (USC),
Beatriz Pateiro López (USC)

ITMATI

manuel.vaamonde.rivas@usc.es

10 de octubre de 2019

itmati

PRECOMM
Predictive Cognitive Maintenance Decision Support System

Índice

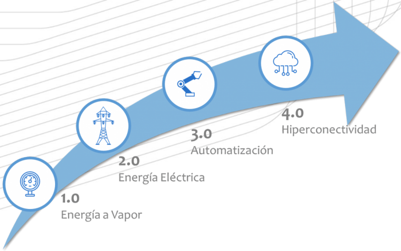
1 Introducción

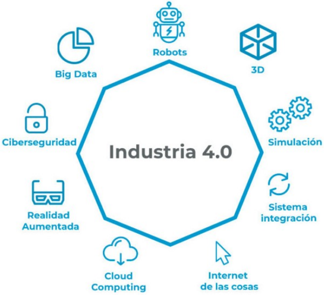
2 Análisis de Series de Tiempo

3 Implementación en R

Industria 4.0

La Industria 4.0 busca incorporar las nuevas tecnologías a los procesos industriales, mediante la digitalización de los mismos. Uno de los efectos de esta transformación es el flujo de grandes cantidades de datos, los cuales deben ser correctamente tratados e interpretados.


1.0
Energía a Vapor
2.0
Energía Eléctrica
3.0
Automatización
4.0
Hiperconectividad


Industria 4.0
Robots
3D
Simulación
Sistema integración
Internet de las cosas
Cloud Computing
Realidad Aumentada
Ciberseguridad
Big Data

PreCoM - Descripción

En la era de la **Industria 4.**0, sensores más potentes y baratos, junto con análisis de Big Data, ofrecen una oportunidad única para monitorizar el estado y rendimiento de máquinas y herramientas.

PreCoM - Descripción

En la era de la **Industria 4.**0, sensores más potentes y baratos, junto con análisis de Big Data, ofrecen una oportunidad única para monitorizar el estado y rendimiento de máquinas y herramientas.

En este contexto nace el proyecto europeo **PreCoM**, cuyo objetivo es implementar y validar un sistema de decisión-asistencia para **mantenimiento predictivo** cognitivo, para detectar posibles fallas y defectos de maquinaria.

Objetivos

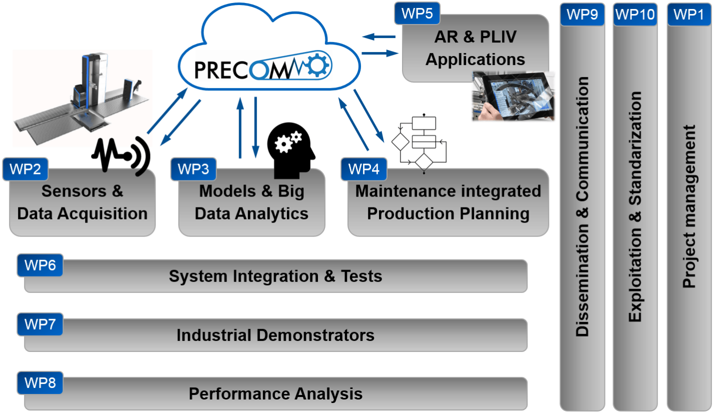
Incrementar:

- disponibilidad y mantenibilidad.
- tiempo invertido en mantenimiento predictivo.

Reducir:

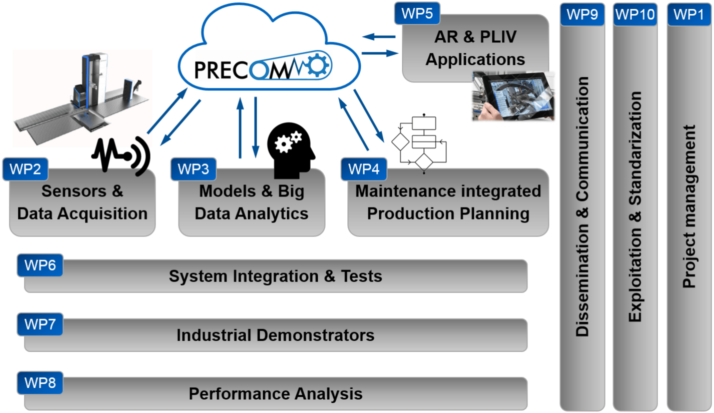
- accidentes debidos a averías.
- consumo de energía.
- consumo de materiales.

PreCoM - Work Packages



PRECOM
WP5
AR & PLIV Applications
WP2
Sensors & Data Acquisition
WP3
Models & Big Data Analytics
WP4
Maintenance integrated Production Planning
WP6
System Integration & Tests
WP7
Industrial Demonstrators
WP8
Performance Analysis
WP9
Dissemination & Communication
WP10
Exploitation & Standarization
WP1
Project management

PreCoM - Work Packages


PRECOM
WP5
AR & PLIV Applications
WP2
Sensors & Data Acquisition
WP3
Models & Big Data Analytics
WP4
Maintenance integrated Production Planning
WP6
System Integration & Tests
WP7
Industrial Demonstrators
WP8
Performance Analysis
WP9
Dissemination & Communication
WP10
Exploitation & Standarization
WP1
Project management

El trabajo presentado es parte de los modelos del WP3: el **módulo TSA**.

Índice

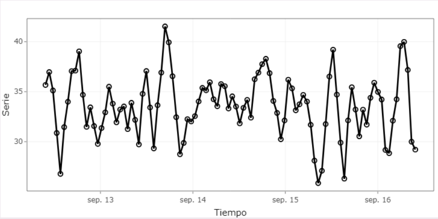
1 Introducción

2 Análisis de Series de Tiempo

3 Implementación en R

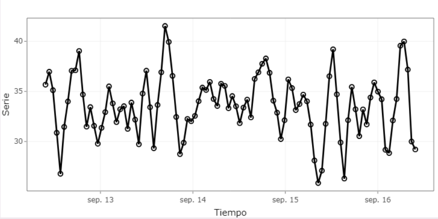
Series de tiempo - Modelos ARMA

Las **series de tiempo** son secuencias de datos ordenados cronológicamente. El uso de técnicas de series de tiempo permite identificar patrones y realizar predicciones futuras.



Series de tiempo - Modelos ARMA

Las **series de tiempo** son secuencias de datos ordenados cronológicamente. El uso de técnicas de series de tiempo permite identificar patrones y realizar predicciones futuras.



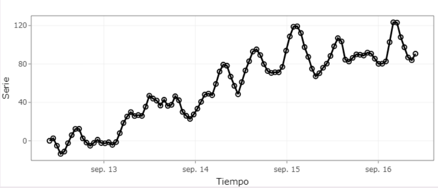
Una serie de tiempo $\{Y_t\}$ sigue un modelo autorregresivo de media móvil, ARMA(p,q), si:

$$Y_t = \mu + \phi_1 y_{t-1} + \ldots + \phi_p y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \ldots - \theta_q e_{t-q}$$

Donde asumimos que $\{e_t\}$ es ruido blanco ($\{e_t\} \in N(0, \sigma^2)$).

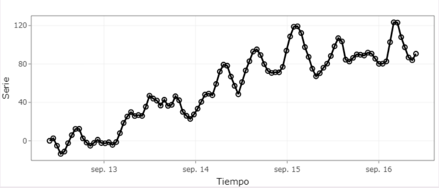
Series de tiempo - Modelos ARIMAX

Una serie de tiempo $\{Y_t\}$ sigue un modelo **ARIMA(p,d,q)** si su d-ésima diferenciación regular sigue un proceso ARMA(p,q) invertible y estacionario.



Series de tiempo - Modelos ARIMAX

Una serie de tiempo $\{Y_t\}$ sigue un modelo **ARIMA(p,d,q)** si su d-ésima diferenciación regular sigue un proceso ARMA(p,q) invertible y estacionario.



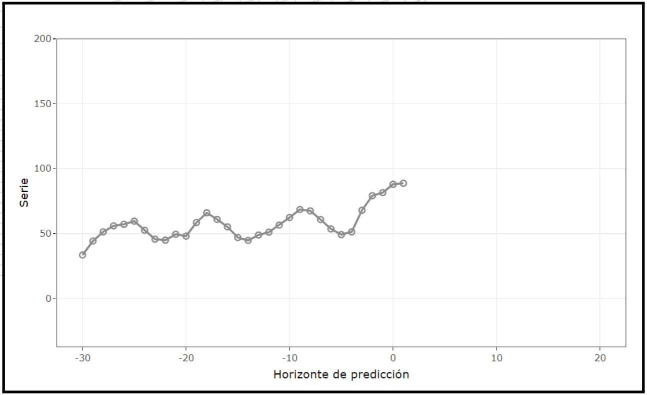
El módulo TSA de PreCoM utiliza modelos **ARIMAX**, que son una extensión de los modelos ARIMA que permite incorporar variables regresoras:

$$\Phi_p(B)(1-B)^d Y_t = \beta X_t + \Theta_q(B) e_t$$

Donde $\Phi_p(B) = \left(1 - \sum_{i=1}^{p} \phi_i B^i\right)$, $\Theta_q(B) = \left(1 - \sum_{i=1}^{q} \theta_i B^i\right)$ y $BY_t = Y_{t-1}$.

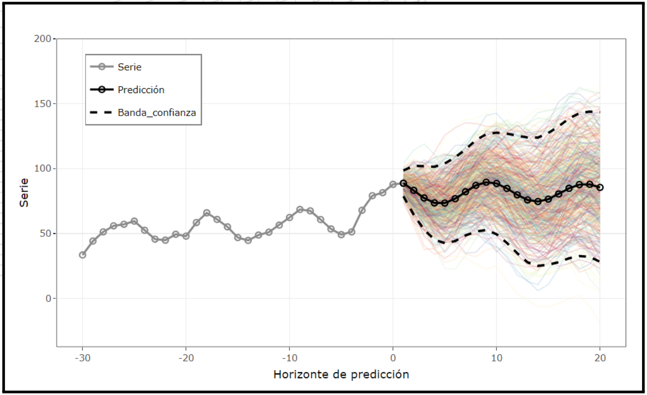
Series de tiempo - Predicción

En el módulo TSA de PreCoM, las predicciones se calculan mediante **simulaciones Montecarlo** realizadas a partir de la estructura fijada por el modelo ARIMAX.



Series de tiempo - Predicción

En el módulo TSA de PreCoM, las predicciones se calculan mediante **simulaciones Montecarlo** realizadas a partir de la estructura fijada por el modelo ARIMAX.



Índice

1 Introducción

2 Análisis de Series de Tiempo

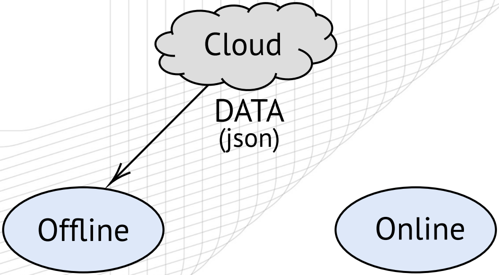
3 Implementación en R

Módulo TSA

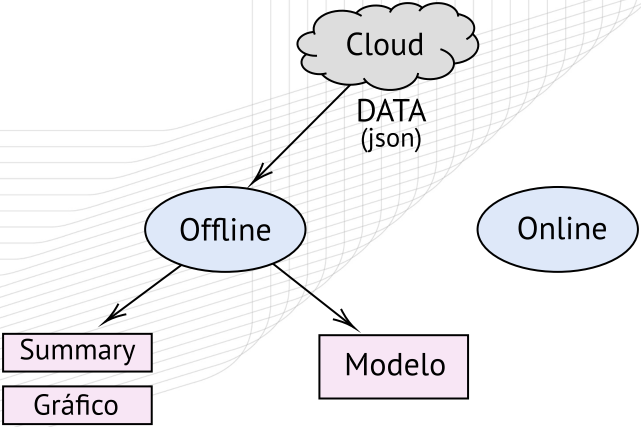
Offline

Online

Módulo TSA


Cloud
DATA
(json)
Offline
Online

Módulo TSA



Cloud

DATA
(json)

Offline

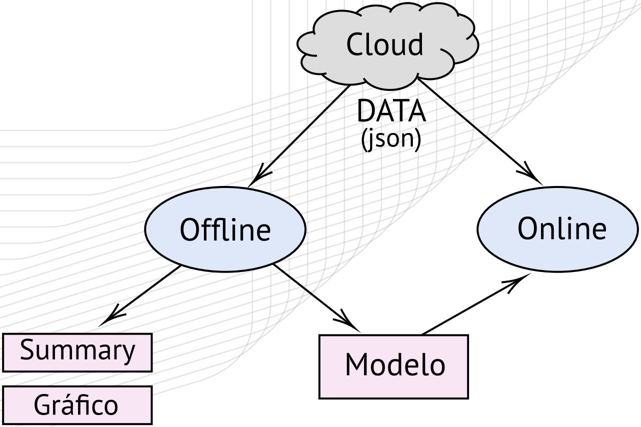
Online

Summary

Gráfico

Modelo

Módulo TSA



Cloud

DATA
(json)

Offline

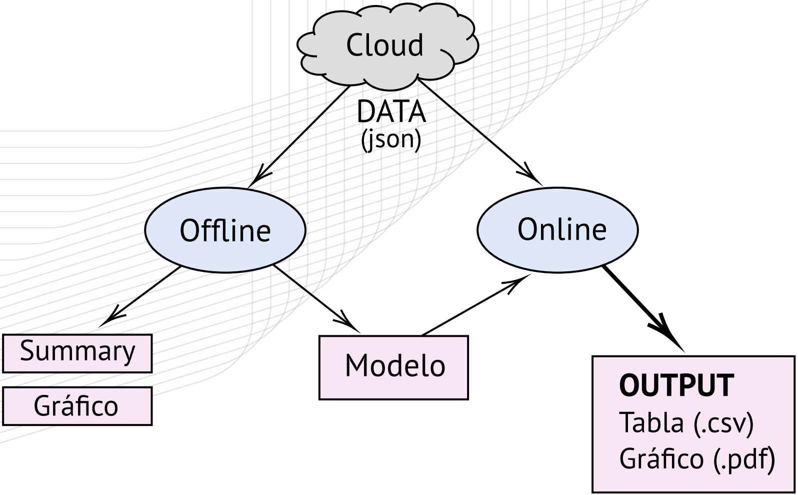
Online

Summary

Gráfico

Modelo

Módulo TSA



Cloud

DATA
(json)

Offline

Online

Summary

Gráfico

Modelo

OUTPUT
Tabla (.csv)
Gráfico (.pdf)

Estructura de archivos

Principales

- TSA_offline.R
- TSA_online.R

Argumentos importantes:
Nombre de la señal, fecha, variables regresoras (off), umbral (off), horizonte de predicción (on).

Estructura de archivos

Principales

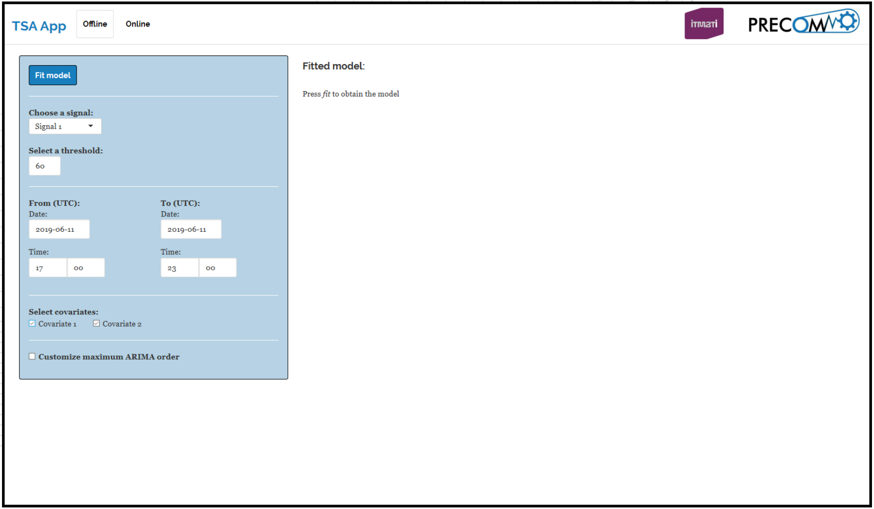
- TSA_offline.R
- TSA_online.R

Argumentos importantes:
Nombre de la señal, fecha, variables regresoras (off), umbral (off), horizonte de predicción (on).

Auxiliares

- getdata.R
- archivos de configuración
- functions_*maquina*.R (functions_default.R)
- app.R (**Aplicación Shiny**)

Aplicación Shiny - offline



TSA App
Offline
Online
itmati
PRECOMM

Fit model

Choose a signal:
Signal 1

Select a threshold:
60

From (UTC):
Date:
2019-06-11
Time:
17 00

To (UTC):
Date:
2019-06-11
Time:
23 00

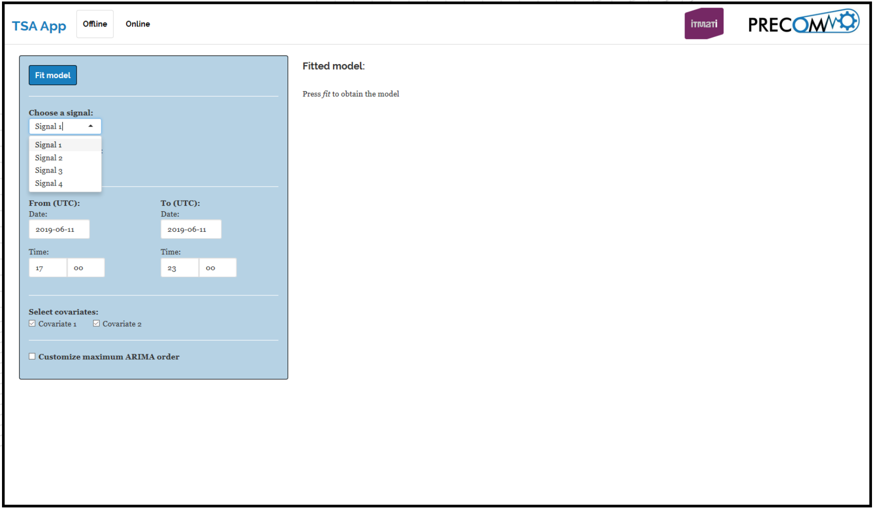
Select covariates:
☑ Covariate 1 ☑ Covariate 2

☐ Customize maximum ARIMA order

Fitted model:

Press *fit* to obtain the model

Aplicación Shiny - offline


TSA App
Offline
Online
Fit model

Fitted model:

Press *fit* to obtain the model

Choose a signal:

Signal 1

- Signal 1
- Signal 2
- Signal 3
- Signal 4

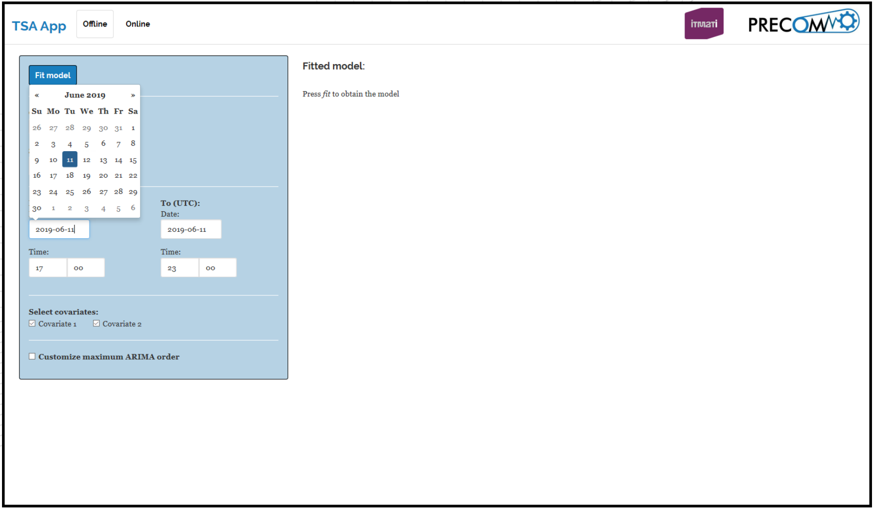
From (UTC):
Date: 2019-06-11
Time: 17 00

To (UTC):
Date: 2019-06-11
Time: 23 00

Select covariates:
☑ Covariate 1 ☑ Covariate 2

☐ **Customize maximum ARIMA order**

Aplicación Shiny - offline


TSA App
Offline
Online
Fit model
« June 2019 »

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	1	2	3	4	5	6

2019-06-11

Time: 17 00

To (UTC):

Date: 2019-06-11

Time: 23 00

Select covariates:

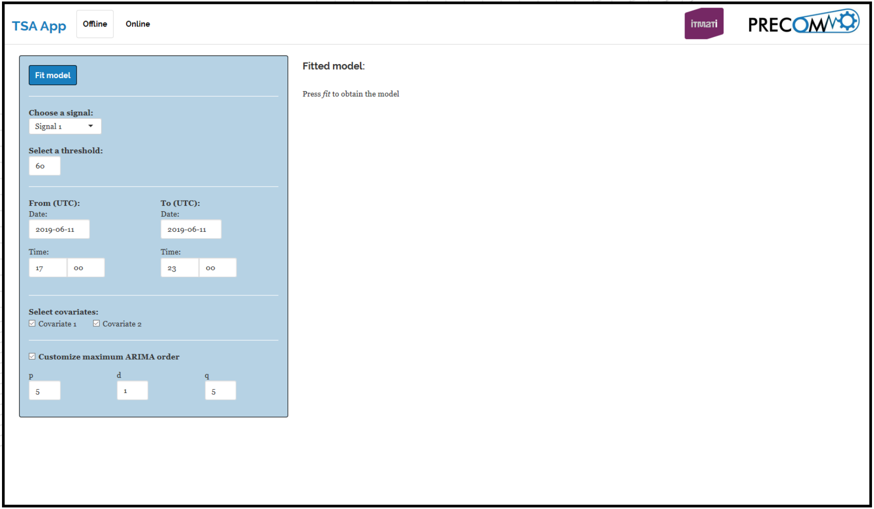
☑ Covariate 1 ☑ Covariate 2

☐ **Customize maximum ARIMA order**

Fitted model:

Press *fit* to obtain the model

Aplicación Shiny - offline


TSA App
Offline
Online
ітиаті
PRECOMM
Fit model

Choose a signal: Signal 1

Select a threshold: 60

From (UTC):
Date: 2019-06-11
Time: 17 00

To (UTC):
Date: 2019-06-11
Time: 23 00

Select covariates:
☑ Covariate 1 ☑ Covariate 2

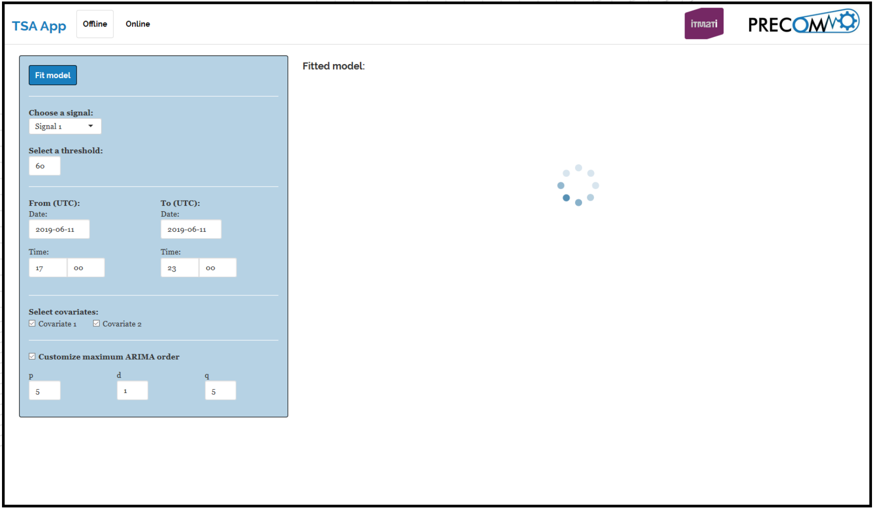
☑ **Customize maximum ARIMA order**

p 5
d 1
q 5

Fitted model:

Press *fit* to obtain the model

Aplicación Shiny - offline


TSA App
Offline
Online
Fit model

Choose a signal: Signal 1

Select a threshold: 60

From (UTC):
Date: 2019-06-11
Time: 17 00

To (UTC):
Date: 2019-06-11
Time: 23 00

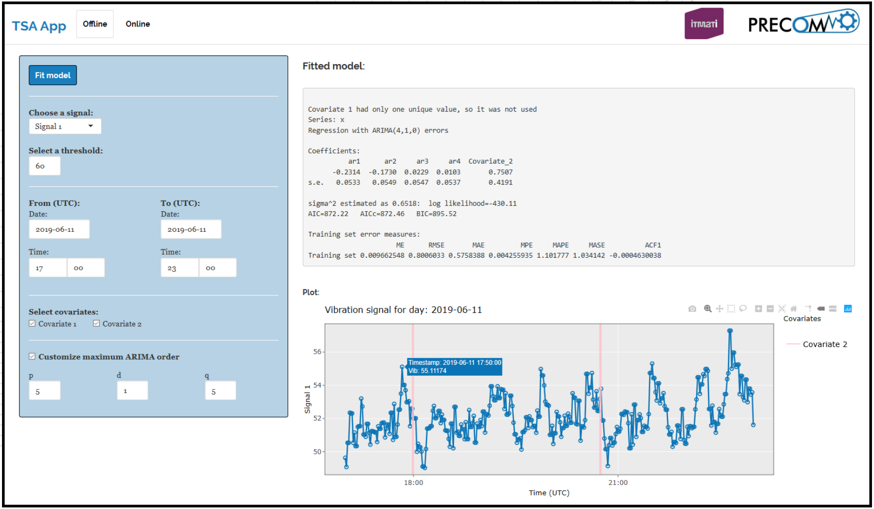
Select covariates:
☑ Covariate 1 ☑ Covariate 2

☑ Customize maximum ARIMA order

p 5
d 1
q 5

Fitted model:

Aplicación Shiny - offline


TSA App
Offline
Online
Fit model
Vibration signal for day: 2019-06-11
Covariates
Covariate 2
Timestamp: 2019-06-11 17:50:00
Vib: 55.11174
Signal 1
56
54
52
50
18:00
21:00
Time (UTC)

Choose a signal: Signal 1

Select a threshold: 60

From (UTC):
Date: 2019-06-11
Time: 17 00

To (UTC):
Date: 2019-06-11
Time: 23 00

Select covariates:
☑ Covariate 1 ☑ Covariate 2

☑ **Customize maximum ARIMA order**

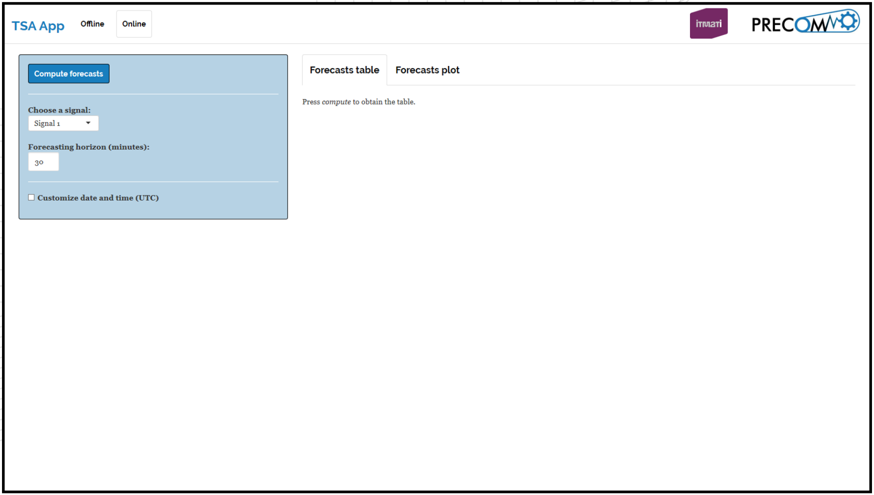
p: 5
d: 1
q: 5

Fitted model:

```
Covariate 1 had only one unique value, so it was not used
Series: x
Regression with ARIMA(4,1,0) errors

Coefficients:
          ar1      ar2     ar3     ar4  Covariate_2
      -0.2314  -0.1730  0.0229  0.0103       0.7507
s.e.   0.0533   0.0549  0.0547  0.0537       0.4191

sigma^2 estimated as 0.6518:  log likelihood=-430.11
AIC=872.22   AICc=872.46   BIC=895.52

Training set error measures:
                      ME      RMSE       MAE         MPE     MAPE     MASE          ACF1
Training set 0.009662548 0.8006033 0.5758388 0.004255935 1.101777 1.034142 -0.0004630038
```

Plot:

Aplicación Shiny - online


TSA App
Offline
Online
Compute forecasts
Forecasts table
Forecasts plot

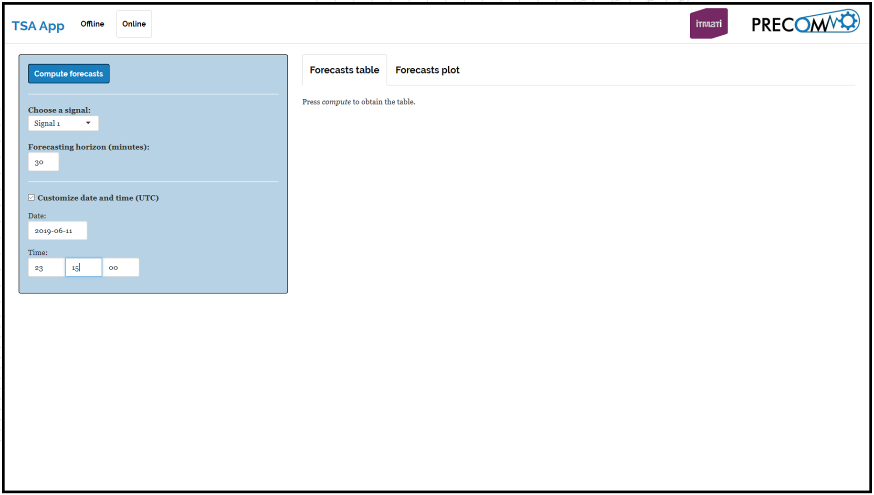
Choose a signal: Signal 1

Forecasting horizon (minutes): 30

☐ Customize date and time (UTC)

Press *compute* to obtain the table.

Aplicación Shiny - online


TSA App
Offline
Online
Compute forecasts
Forecasts table
Forecasts plot

Choose a signal: Signal 1

Forecasting horizon (minutes): 30

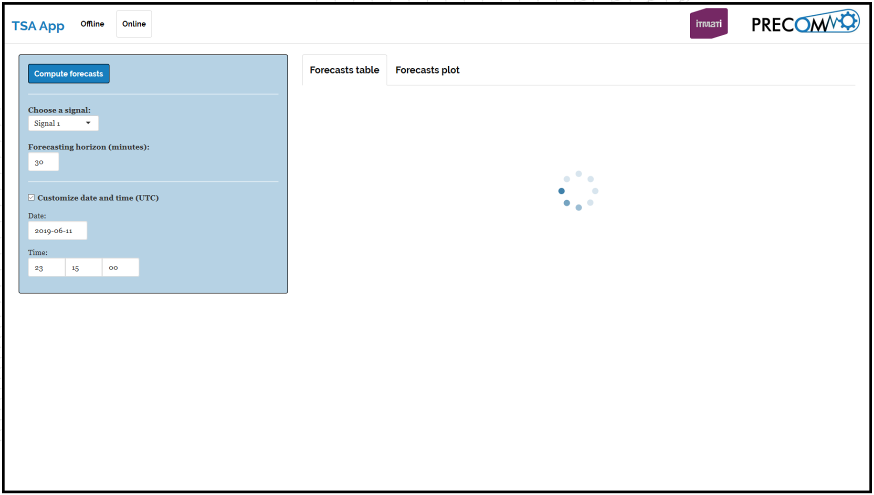
☑ **Customize date and time (UTC)**

Date: 2019-06-11

Time: 23 15 00

Press *compute* to obtain the table.

Aplicación Shiny - online


TSA App
Offline
Online
itmati
PRECOMMO
Compute forecasts
Forecasts table
Forecasts plot

Choose a signal: Signal 1

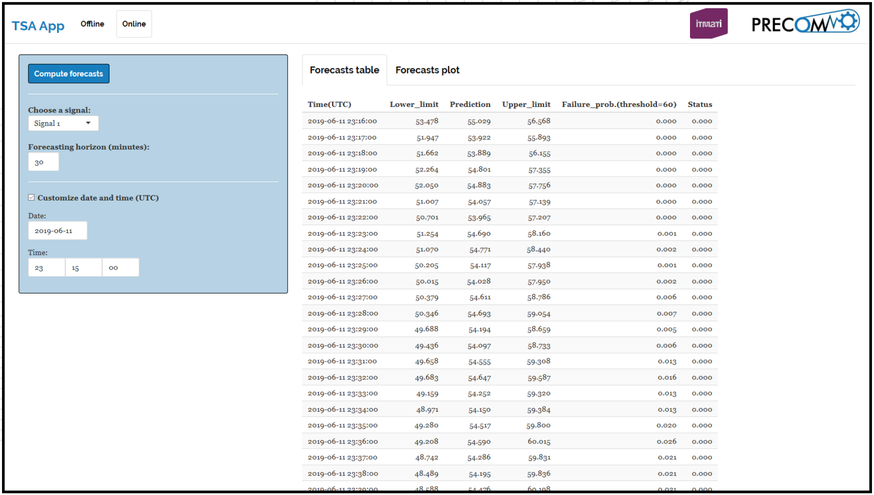
Forecasting horizon (minutes): 30

☑ Customize date and time (UTC)

Date: 2019-06-11

Time: 23 15 00

Aplicación Shiny - online



Choose a signal: Signal 1

Forecasting horizon (minutes): 30

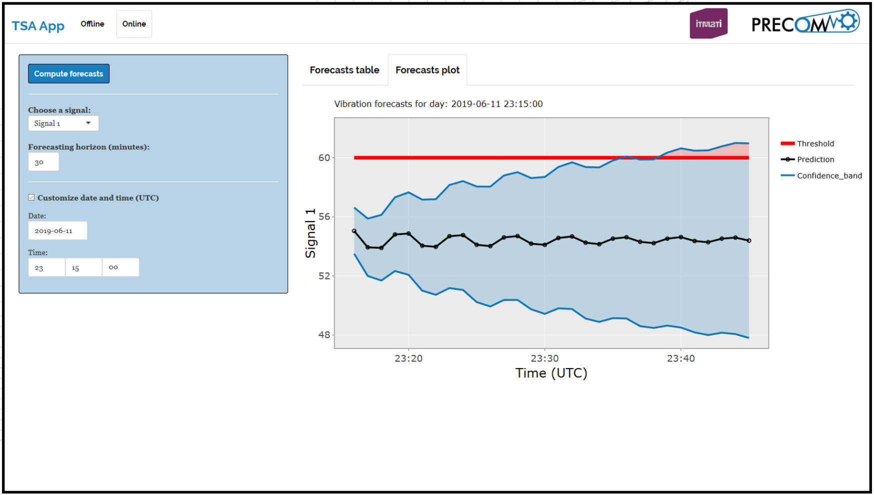
☑ **Customize date and time (UTC)**

Date: 2019-06-11

Time: 23 15 00

Time(UTC)	Lower_limit	Prediction	Upper_limit	Failure_prob.(threshold=60)	Status
2019-06-11 23:16:00	53.478	55.029	56.568	0.000	0.000
2019-06-11 23:17:00	51.947	53.922	55.893	0.000	0.000
2019-06-11 23:18:00	51.662	53.889	56.155	0.000	0.000
2019-06-11 23:19:00	52.264	54.801	57.355	0.000	0.000
2019-06-11 23:20:00	52.050	54.883	57.756	0.000	0.000
2019-06-11 23:21:00	51.007	54.057	57.139	0.000	0.000
2019-06-11 23:22:00	50.701	53.965	57.207	0.000	0.000
2019-06-11 23:23:00	51.254	54.690	58.160	0.001	0.000
2019-06-11 23:24:00	51.070	54.771	58.440	0.002	0.000
2019-06-11 23:25:00	50.205	54.117	57.938	0.001	0.000
2019-06-11 23:26:00	50.015	54.028	57.950	0.002	0.000
2019-06-11 23:27:00	50.379	54.611	58.786	0.006	0.000
2019-06-11 23:28:00	50.346	54.693	59.054	0.007	0.000
2019-06-11 23:29:00	49.688	54.194	58.659	0.005	0.000
2019-06-11 23:30:00	49.436	54.097	58.733	0.006	0.000
2019-06-11 23:31:00	49.658	54.555	59.308	0.013	0.000
2019-06-11 23:32:00	49.683	54.647	59.587	0.016	0.000
2019-06-11 23:33:00	49.159	54.252	59.320	0.013	0.000
2019-06-11 23:34:00	48.971	54.150	59.384	0.013	0.000
2019-06-11 23:35:00	49.280	54.517	59.800	0.020	0.000
2019-06-11 23:36:00	49.208	54.590	60.015	0.026	0.000
2019-06-11 23:37:00	48.742	54.286	59.831	0.021	0.000
2019-06-11 23:38:00	48.489	54.195	59.836	0.021	0.000
2019-06-11 23:39:00	48.588	54.476	60.198	0.021	0.000

Aplicación Shiny - online



TSA App
Offline
Online
itmati
PRECOMMO

Compute forecasts

Choose a signal: Signal 1

Forecasting horizon (minutes): 30

☑ Customize date and time (UTC)

Date: 2019-06-11

Time: 23 15 00

Forecasts table
Forecasts plot

Vibration forecasts for day: 2019-06-11 23:15:00

60
56
52
48
Signal 1
23:20
23:30
23:40
Time (UTC)
Threshold
Prediction
Confidence_band

FIN

PRECOM

Predictive Cognitive Maintenance Decision Support System

El proyecto PreCoM (EU-H2020-FOF-08, 2017-2019) ha sido financiado por el programa de investigación e innovación de la Unión Europea Horizonte 2020, bajo el Grant Agreement Nº 768575