Capítulo 4 - Evaluaciones

En el presente capítulo se detallan los experimentos realizados para encontrar el mejor clasificador y modelo de instancia para predecir el tamaño que tendrá la ola al momento al llegar a la costa, a partir de la información de alta mar brindada por el modelo de olas WAVEWATCH III. Basicamente se exponen todos los resultados obtenidos con diferentes clasificadores y modelos de instancias para argumentar la combinación optima (clasificador/modelo) elegida para el desarrollo del proyecto. Luego se detallan los resultados obtenidos en diferentes olas alrededor de la isla de Oahu – Hawaii utilizando el algoritmo y modelo optimo.

**Consideraciones generales**

Todas las pruebas fueron realizadas utilizando el soporte de la herramienta Weka. La misma librería desarrollada en Java para realizar minería de datos, proveyendo soporte para pre-procesamiento de los datos, algoritmos de clasificación, y visualización de los resultados entre otras cosas.

Durante las pruebas se utilizaron diversos algoritmos con el objetivo de evaluar su desempeño en el problema en cuestión, los mismos son listados en la siguiente tabla.

|  |  |
| --- | --- |
| **Algoritmo** | **Clase** |
| Regresión Lineal | weka.classifiers.functions.LinearRegression |
| Red Neuronal Multicapa | weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron |
| Soporte de Vectores | weka.classifiers.functions.SVMreg |
| Arboles de Regresión | weka.classifiers.trees.M5P |

Tabla 3.1: Algoritmos de aprendizaje de maquina estudiados

**Parametrización**

Los algoritmos de regresión utilizados son parametrizables. Siendo que no existe una base teórica completa para determinar que parámetros son apropiados para cada tipo de problema, la configuración optima suele realizarse a prueba y error.

Para obtener los parámetros óptimos de cada clasificador se fueron probando diferentes combinaciones de los mismos, aquellas configuraciones que lograban indicadores destacados, resultantes de la validación cruzada, fueron utilizadas para el entrenamiento de los clasificadores de las diferentes playas.

**Medidas de evaluación utilizadas**

Una vez entrenado un clasificador es necesario evaluar su desempeño. Para este fin se utilizan instancias de prueba cuya clase se conoce, el clasificador realiza la predicción de la clase y luego se compara el valor predicho y el valor real. Este proceso es repetido para un conjunto de instancias significante y luego diversos indicadores estadísticos son extraídos.

En este trabajo se utilizó la técnica de validación cruzada de 10 conjuntos (Ver capítulo 2 – Estado del arte), para realizar la *optimización de los parámetros* (explicado a continuación) de los clasificadores. Mientras que para el entrenamiento y *validación* final de cada clasificador se utilizó un conjunto de entrenamiento independiente y se realizó 10 veces 10 fold-cross validation. En ambas casos se calcularon dos indicadores para medir el desempeño de los clasificadores: la *correlación* y el *error absoluto promedio.*

La *correlación* indica cual es el grado de relación entre el valor predicho y el valor verdadero. El valor de correlación se encuentra en el intervalo [-1,1], siendo los extremos indicadores de buen comportamiento del clasificador, no así los valores cercanos a 0.

El *error absoluto promedio*, indica el promedio entre la diferencia del valor predicho y el valor verdadero en cada instancia de prueba. Mientras menor se este indicador mejor clasificador tendremos.

**Modelos de instancia**

Como se mencionó en el Capítulo 3 – Datos para predicción de oleaje, la selección de atributos que conforman cada modelo de instancia es de vital importancia para cualquier problema de aprendizaje de máquina, siendo que estos afectan directamente la performance del clasificador obtenido, independientemente del algoritmo de aprendizaje utilizado.

Para determinar los atributos que generaban los mejores resultados, se experimentó generando conjuntos de entrenamiento a partir de los modelos de instancias descriptos en el capitulo anterior. Estos conjuntos fueron utilizados como entrada a un algoritmo de aprendizaje de máquina y los clasificadores resultantes fueron comparados.

**Resultados generales**

A continuación se detalla el desempeño de los clasificadores obtenidos a partir de los diferentes modelos de instancias. Se itero entre los distintos conjuntos de entrenamiento y se evaluó cada uno con los algoritmos especificados en la Tabla 3.1 . Debido a la gran cantidad de experimentos los mismos fueron divididos por playa y los resultados son resumidos en las siguientes tablas.

Cada tabla muestra los resultados de una ola en particular, ordenada por valor de correlación creciente y se estructuró de la siguiente manera:

* Columna 1: Clasificador de Weka. Representa el algoritmo de aprendizaje utilizado.
* Columna 2: Estrategia. Representa el modelo de instancia utilizado, el cual define los atributos que conforman cada instancia.
* Columna 3: Correlación resultante en Weka con la parametrización por defecto del algoritmo
* Columna 4: MAE. Error absoluto medio resultante en Weka con la parametrización por defecto del algoritmo.
* Columna 5: Correlación resultante en Weka con la parametrización optima del algoritmo
* Columna 6: MAE. Error absoluto medio resultante en Weka con la parametrización optima del algoritmo.

Resultados generales en Ala Moana:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Optimizados** | | **No Optimizados** | |
| **Clasificador** | **Estrategia** | **Correl.** | **MAE** | **Correl.** | **MAE** |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last2LecturesStrategy | 0,26 | 0,54 | 0,25 | 0,54 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last3LecturesStrategy | 0,28 | 0,53 | 0,28 | 0,54 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last6LecturesStrategy | 0,28 | 0,53 | 0,28 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last8LecturesStrategy | 0,27 | 0,54 | 0,27 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3SimpleStrategy | 0,29 | 0,53 | 0,29 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | TwoGridPointStrategy | 0,30 | 0,53 | 0,31 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last2DaysStrategy | 0,30 | 0,54 | 0,30 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last3DaysStrategy | 0,33 | 0,53 | 0,32 | 0,52 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last4DaysStrategy | 0,34 | 0,52 | 0,34 | 0,52 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last2LecturesStrategy | 0,41 | 0,51 | 0,41 | 0,56 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last3LecturesStrategy | 0,42 | 0,50 | 0,39 | 0,59 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last6LecturesStrategy | 0,41 | 0,50 | 0,30 | 0,61 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last8LecturesStrategy | 0,38 | 0,51 | 0,29 | 0,70 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3SimpleStrategy | 0,43 | 0,52 | 0,41 | 0,65 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | TwoGridPointStrategy | 0,42 | 0,52 | 0,41 | 0,57 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last2DaysStrategy | 0,43 | 0,50 | 0,41 | 0,67 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last3DaysStrategy | 0,45 | 0,50 | 0,41 | 0,56 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last4DaysStrategy | 0,45 | 0,50 | 0,35 | 0,58 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last2LecturesStrategy | 0,48 | 0,46 | 0,25 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last3LecturesStrategy | 0,50 | 0,46 | 0,26 | 0,52 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last6LecturesStrategy | 0,46 | 0,48 | 0,28 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last8LecturesStrategy | 0,45 | 0,48 | 0,26 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3SimpleStrategy | 0,47 | 0,47 | 0,29 | 0,52 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | TwoGridPointStrategy | 0,47 | 0,48 | 0,29 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last2DaysStrategy | 0,48 | 0,47 | 0,31 | 0,52 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last3DaysStrategy | 0,47 | 0,48 | 0,33 | 0,52 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last4DaysStrategy | 0,45 | 0,50 | 0,34 | 0,52 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last2LecturesStrategy | 0,46 | 0,48 | 0,46 | 0,49 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last3LecturesStrategy | 0,47 | 0,49 | 0,46 | 0,48 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last6LecturesStrategy | 0,45 | 0,50 | 0,44 | 0,50 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last8LecturesStrategy | 0,43 | 0,50 | 0,42 | 0,51 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3SimpleStrategy | 0,46 | 0,49 | 0,45 | 0,49 |
| weka.classifiers.trees.M5P | TwoGridPointStrategy | 0,49 | 0,49 | 0,48 | 0,48 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last2DaysStrategy | 0,48 | 0,48 | 0,47 | 0,50 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last3DaysStrategy | 0,46 | 0,49 | 0,47 | 0,47 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last4DaysStrategy | 0,48 | 0,48 | 0,47 | 0,47 |

Tabla 3.2: Resultados generales de pruebas sobre la ola “Ala Moana”

Se puede ver en la tabla anterior, la fila marcada con verde resalta el clasificador y la estrategia o modelo de instancia que mejor performance mostró en base a las observaciones visuales suministradas. Por otra parte se puede observar (en esa misma línea) como el clasificador con los parámetros optimizados duplica la correlación de las predicciones respecto del que no fue optimizado. El algoritmo es el de SVM y la estrategia usada fue WWW3Last3LecturesStrategy (Ver capitulo 3 – Datos para predicción de oleaje – Modelos de instancias).

Resultados generales en Diamond Head:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Optimizados** | | **No Optimizados** | |
| **Clasificador** | **Estrategia** | **Correl.** | **MAE** | **Correl.** | **MAE** |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last2LecturesStrategy | 0,21 | 0,55 | 0,22 | 0,55 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last3LecturesStrategy | 0,22 | 0,55 | 0,23 | 0,55 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last6LecturesStrategy | 0,22 | 0,55 | 0,23 | 0,55 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last8LecturesStrategy | 0,22 | 0,55 | 0,21 | 0,55 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3SimpleStrategy | 0,24 | 0,54 | 0,24 | 0,54 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | TwoGridPointStrategy | 0,25 | 0,54 | 0,25 | 0,54 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last2DaysStrategy | 0,29 | 0,54 | 0,29 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last3DaysStrategy | 0,30 | 0,53 | 0,30 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last4DaysStrategy | 0,31 | 0,53 | 0,30 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last2LecturesStrategy | 0,34 | 0,53 | 0,32 | 0,55 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last3LecturesStrategy | 0,37 | 0,52 | 0,38 | 0,56 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last6LecturesStrategy | 0,38 | 0,51 | 0,33 | 0,56 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last8LecturesStrategy | 0,36 | 0,51 | 0,29 | 0,69 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3SimpleStrategy | 0,29 | 0,53 | 0,29 | 0,63 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | TwoGridPointStrategy | 0,30 | 0,54 | 0,29 | 0,61 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last2DaysStrategy | 0,36 | 0,52 | 0,35 | 0,58 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last3DaysStrategy | 0,37 | 0,51 | 0,34 | 0,57 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last4DaysStrategy | 0,37 | 0,51 | 0,30 | 0,71 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last2LecturesStrategy | 0,47 | 0,46 | 0,20 | 0,54 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last3LecturesStrategy | 0,48 | 0,47 | 0,19 | 0,54 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last6LecturesStrategy | 0,47 | 0,46 | 0,18 | 0,54 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last8LecturesStrategy | 0,47 | 0,47 | 0,17 | 0,54 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3SimpleStrategy | 0,40 | 0,49 | 0,23 | 0,54 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | TwoGridPointStrategy | 0,42 | 0,48 | 0,24 | 0,54 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last2DaysStrategy | 0,42 | 0,48 | 0,26 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last3DaysStrategy | 0,44 | 0,47 | 0,28 | 0,53 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last4DaysStrategy | 0,43 | 0,48 | 0,29 | 0,52 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last2LecturesStrategy | 0,37 | 0,51 | 0,37 | 0,52 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last3LecturesStrategy | 0,35 | 0,52 | 0,35 | 0,52 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last6LecturesStrategy | 0,34 | 0,51 | 0,34 | 0,53 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last8LecturesStrategy | 0,34 | 0,55 | 0,31 | 0,53 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3SimpleStrategy | 0,44 | 0,49 | 0,43 | 0,49 |
| weka.classifiers.trees.M5P | TwoGridPointStrategy | 0,39 | 0,51 | 0,38 | 0,52 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last2DaysStrategy | 0,42 | 0,51 | 0,40 | 0,50 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last3DaysStrategy | 0,41 | 0,51 | 0,39 | 0,52 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last4DaysStrategy | 0,40 | 0,49 | 0,38 | 0,51 |

Tabla 3.3: Resultados generales de pruebas sobre la ola “Diamond Head”

Se puede ver en la tabla anterior, nuevamente, la fila marcada con verde mostrando el clasificador y estrategia que mejores resultados obtuvo. El algoritmo es el de SVM y la estrategia usada fue WWW3Last3LecturesStrategy (Ver capitulo 3 – Datos para predicción de oleaje – Modelos de instancias).

Resultados generales en North Shore:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Optimizados** | | **No Optimizados** | |
| **Clasificador** | **Estrategia** | **Correl.** | **MAE** | **Correl.** | **MAE** |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last2LecturesStrategy | 0,87 | 0,97 | 0,87 | 0,95 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last3LecturesStrategy | 0,85 | 0,97 | 0,85 | 0,99 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last6LecturesStrategy | 0,87 | 0,93 | 0,87 | 0,94 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last8LecturesStrategy | 0,87 | 0,99 | 0,86 | 0,97 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3SimpleStrategy | 0,86 | 0,98 | 0,86 | 0,98 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | TwoGridPointStrategy | 0,86 | 0,98 | 0,86 | 0,98 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last2DaysStrategy | 0,87 | 0,95 | 0,87 | 0,94 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last3DaysStrategy | 0,87 | 0,96 | 0,87 | 0,95 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last4DaysStrategy | 0,87 | 0,94 | 0,87 | 0,95 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last2LecturesStrategy | 0,88 | 0,91 | 0,88 | 1,08 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last3LecturesStrategy | 0,88 | 0,86 | 0,87 | 1,43 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last6LecturesStrategy | 0,84 | 0,88 | 0,81 | 1,25 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last8LecturesStrategy | 0,84 | 0,91 | 0,80 | 1,46 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3SimpleStrategy | 0,89 | 0,85 | 0,87 | 1,07 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | TwoGridPointStrategy | 0,88 | 0,88 | 0,87 | 1,08 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last2DaysStrategy | 0,89 | 0,82 | 0,88 | 0,95 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last3DaysStrategy | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 1,08 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last4DaysStrategy | 0,87 | 0,88 | 0,84 | 1,08 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last2LecturesStrategy | 0,89 | 0,82 | 0,87 | 0,93 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last3LecturesStrategy | 0,89 | 0,82 | 0,87 | 0,92 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last6LecturesStrategy | 0,88 | 0,87 | 0,87 | 0,94 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last8LecturesStrategy | 0,87 | 0,88 | 0,87 | 0,93 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3SimpleStrategy | 0,89 | 0,83 | 0,86 | 0,96 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | TwoGridPointStrategy | 0,89 | 0,83 | 0,86 | 0,96 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last2DaysStrategy | 0,90 | 0,80 | 0,87 | 0,92 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last3DaysStrategy | 0,89 | 0,81 | 0,87 | 0,92 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last4DaysStrategy | 0,89 | 0,82 | 0,87 | 0,92 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last2LecturesStrategy | 0,88 | 0,87 | 0,89 | 0,85 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last3LecturesStrategy | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 0,87 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last6LecturesStrategy | 0,87 | 0,88 | 0,88 | 0,94 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last8LecturesStrategy | 0,87 | 0,90 | 0,87 | 0,89 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3SimpleStrategy | 0,88 | 0,87 | 0,88 | 0,86 |
| weka.classifiers.trees.M5P | TwoGridPointStrategy | 0,88 | 0,90 | 0,88 | 0,90 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last2DaysStrategy | 0,89 | 0,87 | 0,89 | 0,85 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last3DaysStrategy | 0,88 | 0,89 | 0,88 | 0,87 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last4DaysStrategy | 0,88 | 0,89 | 0,88 | 0,90 |

Tabla 3.4: Resultados generales de pruebas sobre la ola “North Shore”

Se puede ver en la tabla anterior, la fila marcada con verde mostrando el clasificador y estrategia que mejores resultados obtuvo. El algoritmo es el de SVM y la estrategia usada fue WWW3Last2DaysStrategy (Ver capitulo 3 – Datos para predicción de oleaje – Modelos de instancias). Por otra parte se puede ver que la segunda estrategia que mejores resultados obtuvo fue la fila marcada en azul la cual es la misma que la seleccionada en las tablas anteriores (Tabla 3.2 y 3.3) como mejor opción.

Resultados generales en Windward:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Optimizados** | | **No Optimizados** | |
| **Clasificador** | **Estrategia** | **Correl.** | **MAE** | **Correl.** | **MAE** |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last2LecturesStrategy | 0,54 | 0,59 | 0,54 | 0,59 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last3LecturesStrategy | 0,54 | 0,60 | 0,54 | 0,60 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last6LecturesStrategy | 0,54 | 0,60 | 0,54 | 0,60 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last8LecturesStrategy | 0,54 | 0,59 | 0,54 | 0,59 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3SimpleStrategy | 0,54 | 0,59 | 0,55 | 0,59 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | TwoGridPointStrategy | 0,57 | 0,57 | 0,56 | 0,57 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last2DaysStrategy | 0,56 | 0,59 | 0,56 | 0,58 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last3DaysStrategy | 0,56 | 0,59 | 0,56 | 0,58 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last4DaysStrategy | 0,55 | 0,59 | 0,56 | 0,59 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last2LecturesStrategy | 0,62 | 0,54 | 0,60 | 0,63 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last3LecturesStrategy | 0,61 | 0,54 | 0,59 | 0,57 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last6LecturesStrategy | 0,59 | 0,57 | 0,57 | 0,63 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last8LecturesStrategy | 0,53 | 0,58 | 0,52 | 0,59 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3SimpleStrategy | 0,65 | 0,52 | 0,66 | 0,62 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | TwoGridPointStrategy | 0,66 | 0,52 | 0,66 | 0,60 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last2DaysStrategy | 0,63 | 0,53 | 0,67 | 0,75 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last3DaysStrategy | 0,63 | 0,53 | 0,68 | 0,71 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last4DaysStrategy | 0,65 | 0,53 | 0,64 | 0,56 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last2LecturesStrategy | 0,70 | 0,49 | 0,53 | 0,57 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last3LecturesStrategy | 0,74 | 0,47 | 0,53 | 0,58 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last6LecturesStrategy | 0,71 | 0,49 | 0,52 | 0,58 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last8LecturesStrategy | 0,70 | 0,48 | 0,52 | 0,59 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3SimpleStrategy | 0,68 | 0,51 | 0,54 | 0,58 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | TwoGridPointStrategy | 0,72 | 0,47 | 0,56 | 0,57 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last2DaysStrategy | 0,71 | 0,49 | 0,55 | 0,57 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last3DaysStrategy | 0,70 | 0,48 | 0,55 | 0,57 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last4DaysStrategy | 0,69 | 0,49 | 0,55 | 0,58 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last2LecturesStrategy | 0,72 | 0,47 | 0,72 | 0,48 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last3LecturesStrategy | 0,70 | 0,50 | 0,69 | 0,49 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last6LecturesStrategy | 0,69 | 0,48 | 0,70 | 0,50 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last8LecturesStrategy | 0,70 | 0,51 | 0,70 | 0,49 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3SimpleStrategy | 0,74 | 0,47 | 0,74 | 0,46 |
| weka.classifiers.trees.M5P | TwoGridPointStrategy | 0,73 | 0,47 | 0,74 | 0,47 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last2DaysStrategy | 0,72 | 0,47 | 0,72 | 0,48 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last3DaysStrategy | 0,72 | 0,49 | 0,71 | 0,51 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last4DaysStrategy | 0,71 | 0,49 | 0,71 | 0,50 |

Tabla 3.5: Resultados generales de pruebas sobre la ola “Windward”

Nuevamente para la ola Windward el mejor clasificador son las Maquinas de soporte Vectorial y mejor modelo de instancias es WW3Last3LecturesStrategy, aunque en este caso también se obtuvieron los mismos resultados con un Arbol de Regresion y la estrategia WW3SimpleStrategy.

Resultados generales en Windward:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Optimizados** | | **No Optimizados** | |
| **Clasificador** | **Estrategia** | **Correl.** | **MAE** | **Correl.** | **MAE** |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last2LecturesStrategy | 0,72 | 0,74 | 0,72 | 0,74 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last3LecturesStrategy | 0,78 | 0,67 | 0,79 | 0,67 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last6LecturesStrategy | 0,78 | 0,67 | 0,78 | 0,67 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last8LecturesStrategy | 0,78 | 0,68 | 0,78 | 0,67 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3SimpleStrategy | 0,75 | 0,71 | 0,75 | 0,71 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | TwoGridPointStrategy | 0,76 | 0,71 | 0,75 | 0,72 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last2DaysStrategy | 0,78 | 0,68 | 0,78 | 0,68 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last3DaysStrategy | 0,78 | 0,68 | 0,77 | 0,68 |
| weka.classifiers.functions.LinearRegression | WW3Last4DaysStrategy | 0,77 | 0,68 | 0,77 | 0,68 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last2LecturesStrategy | 0,81 | 0,66 | 0,82 | 0,77 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last3LecturesStrategy | 0,81 | 0,63 | 0,81 | 0,68 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last6LecturesStrategy | 0,81 | 0,65 | 0,77 | 0,74 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last8LecturesStrategy | 0,79 | 0,67 | 0,76 | 0,72 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3SimpleStrategy | 0,82 | 0,62 | 0,81 | 0,71 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | TwoGridPointStrategy | 0,82 | 0,62 | 0,82 | 0,71 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last2DaysStrategy | 0,82 | 0,62 | 0,82 | 0,75 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last3DaysStrategy | 0,82 | 0,62 | 0,80 | 0,71 |
| weka.classifiers.functions.MultilayerPerceptron | WW3Last4DaysStrategy | 0,81 | 0,63 | 0,77 | 0,80 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last2LecturesStrategy | 0,82 | 0,61 | 0,78 | 0,68 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last3LecturesStrategy | 0,82 | 0,61 | 0,78 | 0,66 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last6LecturesStrategy | 0,81 | 0,65 | 0,78 | 0,67 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last8LecturesStrategy | 0,79 | 0,66 | 0,78 | 0,66 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3SimpleStrategy | 0,82 | 0,62 | 0,75 | 0,70 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | TwoGridPointStrategy | 0,82 | 0,62 | 0,75 | 0,71 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last2DaysStrategy | 0,83 | 0,60 | 0,77 | 0,67 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last3DaysStrategy | 0,82 | 0,61 | 0,77 | 0,68 |
| weka.classifiers.functions.SMOreg | WW3Last4DaysStrategy | 0,82 | 0,63 | 0,77 | 0,67 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last2LecturesStrategy | 0,82 | 0,62 | 0,82 | 0,63 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last3LecturesStrategy | 0,82 | 0,61 | 0,82 | 0,62 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last6LecturesStrategy | 0,81 | 0,63 | 0,81 | 0,64 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last8LecturesStrategy | 0,80 | 0,64 | 0,80 | 0,63 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3SimpleStrategy | 0,81 | 0,63 | 0,82 | 0,62 |
| weka.classifiers.trees.M5P | TwoGridPointStrategy | 0,82 | 0,64 | 0,81 | 0,63 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last2DaysStrategy | 0,82 | 0,62 | 0,82 | 0,62 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last3DaysStrategy | 0,82 | 0,63 | 0,81 | 0,63 |
| weka.classifiers.trees.M5P | WW3Last4DaysStrategy | 0,81 | 0,63 | 0,81 | 0,63 |

Tabla 3.6: Resultados generales de pruebas sobre la ola “West Shore”

En este último caso de estudio, sobre la ola West Shore en Oahu, vemos que el mejor clasificador/estrategia fue SVM/WW3Last2DaysStrategy, y el segundo mejor resultado se obtuvo nuevamente con SVM/WW3Last3LecturesStrategy, y la diferencia entre ambos indicadores es ínfima.

**Algoritmo de aprendizaje y modelo de instancia seleccionado**

En base a los resultados obtenidos y analizados en las tablas 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6 se selecciono un algoritmo de aprendizaje de maquina y un modelo de instancia que maximizan la performance de los clasificadores que se generan a partir de estos. El algoritmo y modelo resultante de este análisis serán los utilizados en la implementación del proyecto para la generación de los pronosticadores entrenados capaces de predecir olas.

En las tablas mencionadas antes se observa que el algoritmo “Maquinas de soporte vectorial” obtiene los mejores resultados en las cuatro de las cinco olas evaluadas en el caso de estudio para Oahu – Hawaii. En la tabla 3.5 para la ola “Windward” vemos que el algoritmo ganador son los Arboles de Regresion y que la Maquina de soporte vectorial obtiene el segundo puesto, y a su vez que la diferencia entre los indicadores estadísticos de ambos algoritmos es infima. Por lo tanto el algoritmo que vamos a utilizar en el posterior desarrollo del sistema serán las **Maquinas de Soporte Vectorial**, dado que para las cinco olas estudiadas ha dado los mejores resultados.

En cuanto al modelo de instancia a seleccionar, se puede observar que en tres de las cinco olas estudiadas WW3Last3LecturesStrategy es el que mejores resultados genera (ver tablas 3.2, 3.3 y 3.6). En la tabla 3.6 vemos que retorna los mismos indicadores que el modelo WW3SimpleStrategy. Al mismo tiempo, en base a los resultados mostrados en las tablas 3.4 y 3.6 WW3Last2DaysStrategy es el modelo que retorna los mejores resultados, pero en ambas WW3Last3LecturesStrategy es el que lo sigue en segundo lugar, y la diferencia entre los indicadores es verdaderamente pequeña. Por lo tanto el modelo de instancia seleccionado para la implementación será **WW3Last3LecturesStrategy**.

A continuación se detallará las pruebas realizadas para las cinco olas correspondientes al caso de estudio alrededor de la isla Oahu – Hawai, en base al algoritmo de aprendizaje y modelo de instancia seleccionado previamente.