

# Extracción de Embocadura en Aliento/Arrugas

Procesamiento Digital de Señales de Audio - Curso 2016

Juan Braga

Instituto de Ingeniería Eléctrica (IIE)  
Facultad de Ingeniería (FING)  
Universidad de la República (UdelaR)

Diciembre 2016

## Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

## Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

## Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

## Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Agenda

## Introducción

Embocadura

Aliento/Arrugas de Marcelo Toledo

## Definición del Problema

Conjunto de Datos

Extracción de Características

## Experimentos

Primer experimento

Segundo experimento

Refinamiento de la extracción de características basada en MFCC

## Conclusiones

Trabajo a Futuro

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

### Introducción

Embocadura

Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos

Extracción de  
Características

### Experimentos

Primer experimento

Segundo experimento

Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

### Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Introducción

## Flauta Traversa

- ▶ Flauta Traversa perteneciente a la familia de las *Maderas*
- ▶ Excitación periódica de la columna de aire generada por turbulencia de la colisión del flujo de aire contra el bisel de la embocadura.
- ▶ Altura definida por las llaves del instrumento.

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

### Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

### Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

### Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Introducción

## Técnicas Extendidas

- ▶ Exploración de nuevas sonoridades.
- ▶ Extensión de los límites naturales del instrumento.
- ▶ Técnicas reproducibles y bien definidas, generan que los instrumentistas tengan que expandir sus habilidades con el instrumento.

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

### Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

### Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

### Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Introducción

Extracción de contenido musical (MIR por su sigla en inglés)

- ▶ Las alturas y duraciones ya no definen el material sonoro.
- ▶ El repertorio contemporáneo define una área del MIR desafiante y de espectro más amplio.
- ▶ Hay lugar a contribuciones científicas mediante el acercamiento al material sonoro exótico.

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

## Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

## Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

## Conclusiones

Trabajo a Futuro

- ▶ Refiere al aparato de producción de la excitación de la columna de aire, en conjunto a la técnica de soplido.
- ▶ Es determinante del material sonoro ejecutado, siendo perceptible de forma auditiva a través de cambios en la Dinámica, Altura y Timbre.
- ▶ Parámetros físicos que determinan la embocadura:
  - ▶ Ángulo de la Flauta.
  - ▶ Apertura de los labios.
  - ▶ Posición de los labios.
  - ▶ Presión de Aire.

## Introducción

### Embocadura

Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

## Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

## Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

## Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Aliento/Arrugas de Marcelo Toledo

## Sobre la pieza

- ▶ Obra para Flauta Traversa solista, compuesta por el argentino Marcelo Toledo.
- ▶ Emplea técnicas extendidas como recurso compositivo:
  - ▶ *Flutter Tonguing* - Aleteo de lengüa.
  - ▶ *Tongue Noises* - Ruidos con la lengüa.
  - ▶ *Percussive Sounds* - Llaveo.
  - ▶ *Microtonal Inflections* - Inflecciones microtonales.
  - ▶ *Multiphonics* - Sonidos multifónicos (cantar y tocar a la vez).
- ▶ Además emplea como recurso expresivo cambios en la embocadura a lo largo de la pieza. Detallando en la partitura la embocadura correspondiente .
- ▶ Tres tipos de embocadura:
  - ▶ *Blow Hole Covert* - Embocadura normal o tradicional.
  - ▶ *Normal Embouchure* - Agüjero cubierto.
  - ▶ *Breathy Embouchure* - Embocadura con aire.

### Introducción

Embocadura

Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

### Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

### Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Aliento/Arrugas de Marcelo Toledo

## Notación

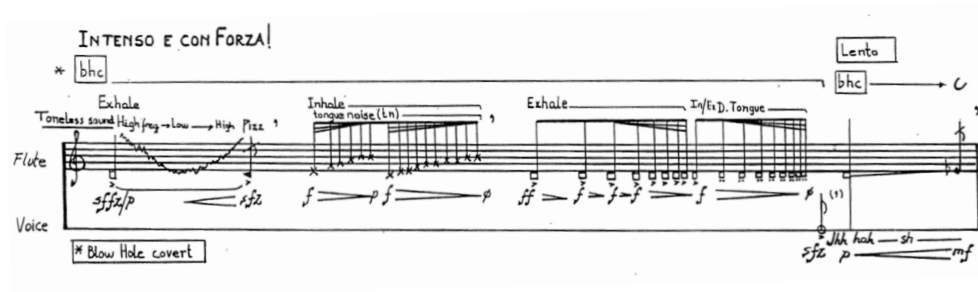


Figura: Notación de *Blow Hole Covert* se observa en la parte superior del sistema.

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Introducción

Embocadura

Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

## Definición del Problema

Conjunto de Datos

Extracción de  
Características

## Experimentos

Primer experimento

Segundo experimento

Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

## Conclusiones

Trabajo a Futuro



# Aliento/Arrugas de Marcelo Toledo

## Notación

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

### Introducción

Embocadura

Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

### Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

### Conclusiones

Trabajo a Futuro

The musical score is for Flute and Voice. The Flute part is written on a single staff with a treble clef. The Voice part is written on a single staff with a bass clef. The score is divided into three sections: 'LENTO, DELICATO E LONTANO' (slow, delicate, and distant), 'AGITATO' (agitated), and 'CON FORZA' (with force). The 'LENTO' section is marked 'normal embouchure' and 'ppp'. The 'AGITATO' section is marked 'mf/p' and 'f'. The 'CON FORZA' section is marked 'f' and 'ff'. The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamic markings. The 'normal embouchure' notation is shown in a box above the Flute staff in the first section. The 'bhc' notation is shown in a box above the Flute staff in the 'CON FORZA' section. The score also includes articulation marks like 'a' and 'σ' under the Voice staff, and 'pp', 'mp', 'mf/p', 'f/p', 'f', and 'ff' under the Flute staff.

Figura: Notación de *Normal Embouchure* se observa en la parte superior del sistema.

# Aliento/Arrugas de Marcelo Toledo

## Notación

The image displays a musical score for Flute and Voice. The Flute part is written on a single staff with a treble clef. It includes dynamic markings such as *mf*, *ff*, *sfz/p*, and *f*. Above the staff, there are three boxes labeled "C breathy", "bhc", and "breathy", each with a horizontal line indicating its duration. The Voice part is written below the Flute staff. It includes phonetic notations like "Ksh", "K", "Ksh", and "K" under specific notes. There are also dynamic markings like *mf*, *f*, and *sfz/p* for the voice. The score is a handwritten-style musical notation.

Figura: Notación de *Breathy Embouchure* se observa en la parte superior del sistema.

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Introducción

Embocadura

Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

## Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

## Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

## Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Definición del Problema

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Hipótesis central

Los cambios de embocadura generan variaciones en el material sonoro perceptibles de forma auditiva.

## Se propone...

La extracción automática del tipo de embocadura a través del análisis computacional de la obra.

## Estrategia de resolución

Enfoque tipo *Reconocimiento de Patrones*. Se procesa el audio tipo *Bag of Frames* a partir del cómputo de características de audio.

### Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

### Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

### Conclusiones

Trabajo a Futuro

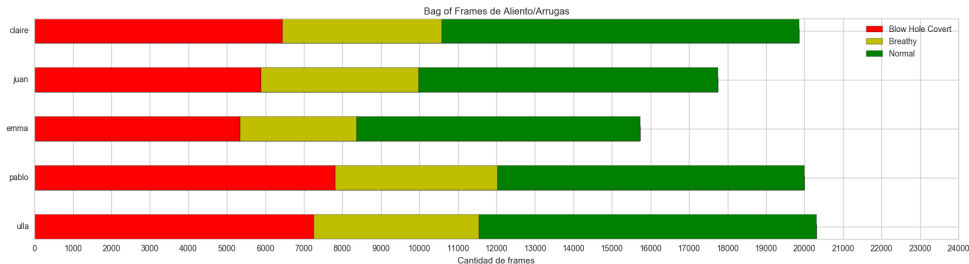
# Conjunto de Datos

## Grabaciones

Se cuenta con 5 grabaciones etiquetadas manualmente de Aliento/Arrugas por los intérpretes: Ulla Suokko, Pablo Somma, Emma Resmini, Juan Pablo Quinteros y Claire Chase.

## 5 folds

Cada obra define un conjunto de test.



Extracción de Embocadura en Aliento/Arrugas

Juan Braga

### Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de Características

### Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la extracción de características basada en MFCC

### Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Extracción de Características

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)

Extraen contenido tímbrico de la señal.

## Linear Prediction Coefficients (LPC)

Envolvente espectral.

## Características Espectrales y Armónicas (CEA)

*Roll-off, Centroid, Bandwidth, Zero-Crossing Rate y Voicing*

## Octave-based Spectral Contrast (SC)

Es una medida de contraste por octavas. Extrae la diferencia entre los picos y los valles.

### Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos  
**Extracción de  
Características**

### Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

### Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Experimentos

## Consideraciones generales

- ▶ Se utilizan tres clasificadores distintos para la evaluación de desempeño:
  - ▶ *K-Nearest Neighbors* (10 vecinos)
  - ▶ *Random Forest* (10 árboles).
  - ▶ *Support Vector Machines* (kernel lineal).
- ▶ Se utilizan con parámetros por defecto, ya que no es objetivo del presente trabajo optimizar los clasificadores.
- ▶ Se centran en cero y se escalan a varianza unidad todos los datos, previo al entrenamiento y clasificación.

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

### Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

### Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

### Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Primer experimento

## Objetivo

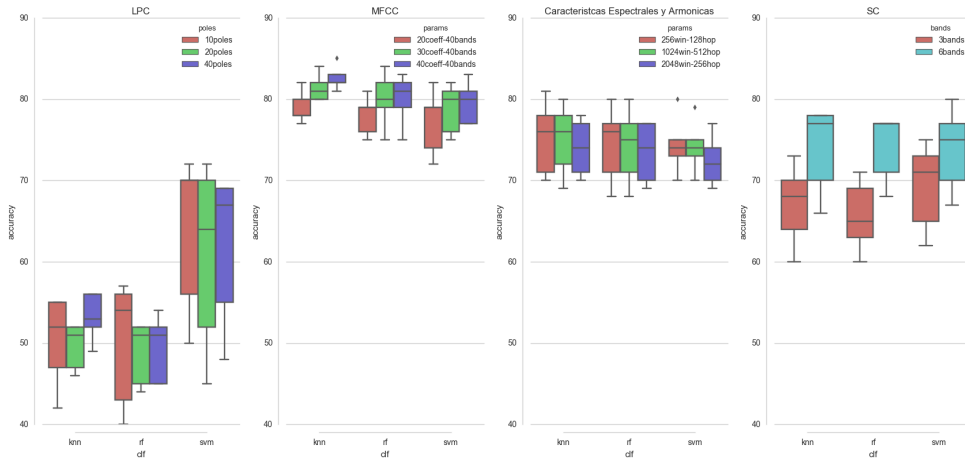
Evaluar el poder de separación de embocaduras de las características propuestas y determinar la de mejor desempeño.

## Parámetros de la extracción de características:

- ▶ Características Espectrales y Armónicas: (a) 11ms y 50 % de salto (256-128 muestras), (b) 23ms y 50 % (1024-512 muestras) y por último (c) 46ms y 50 % (2048-1024 muestras).
- ▶ MFCC: Ventana de análisis de 23ms y salto del 50 %, 40 bandas Mel y liftrado: (a) 20 coeficientes, (b) 30 coeficientes y (c) 40 coeficientes.
- ▶ LPC: Ventana de análisis de 23ms y salto del 50 % y cantidad de polos: (a) 10, (b) 20 y (c) 40.
- ▶ SC: Ventana de análisis de 23ms y salto del 50 % y numero de bandas: (a) 3 y (b) 6.

# Primer experimento

## Resultados



Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

### Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

### Experimentos

**Primer experimento**  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

### Conclusiones

Trabajo a Futuro



## Evaluación de resultados

- ▶ *LPC*: El peor desempeño. Además la variación del número de polos no muestra variaciones significativas.
- ▶ *SC*: Desempeño medio. Existe una mejora notoria al aumentar las bandas.
- ▶ *CEA*: Desempeño medio. La variación de la ventana de análisis no genera cambios apreciables. Alguna estrategia de decorrelación podría mejorar los resultados.
- ▶ *MFCC*: El mejor desempeño. Contrapartida el número de dimensiones del vector de características.
- ▶ *k-NN*: Salvo para *LPC* mejor desempeño entre clasificadores.

### Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

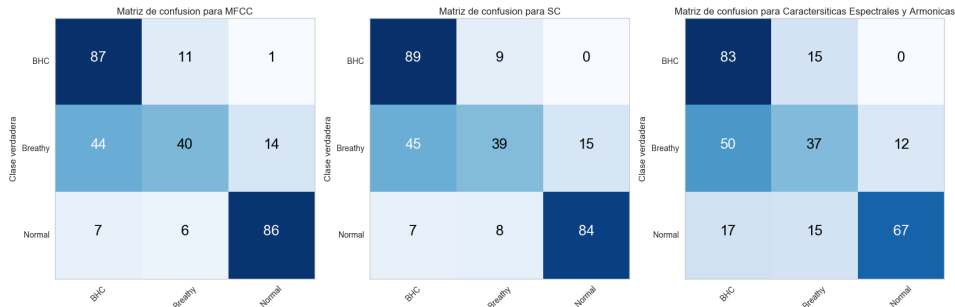
### Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

### Conclusiones

Trabajo a Futuro

## Matrices de confusión



- ▶ Independientemente de los *features* las clases *Blow Hole Covert* y *Normal Embouchure* se separan frente al resto.
- ▶ *Breathy* se confunde principalmente con *Normal Embouchure*

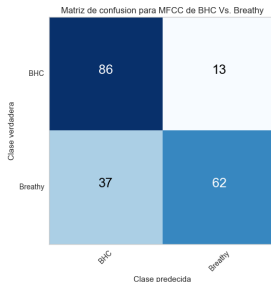
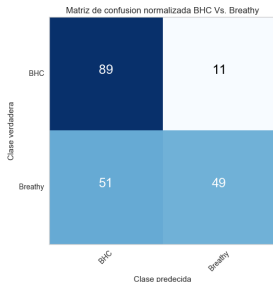
# Segundo Experimento

## Objetivo

Evaluar el desempeño de *MFCC* en un problema reducido: *Blow Hole Covert* Vs. *Breathy Embouchure*.

- Por simpleza se trabaja solamente con 40 bandas *Mel* y 20 coeficientes.

## Matrices de confusión



# Segundo Experimento

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

## Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

## Experimentos

Primer experimento  
**Segundo experimento**  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

## Conclusiones

Trabajo a Futuro

## Evaluación de resultados

- ▶ La confusión de *Breathy* sigue siendo considerable con un 37 %.
- ▶ Existe una mejoría con respecto al problema de tres clases.
- ▶ Una estrategia de clasificadores en cascada mejoraría el desempeño general, a cambio de costo computacional.

# Refinamiento de la extracción de características basada en MFCC

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

## Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

## Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

## Conclusiones

Trabajo a Futuro

## Primera estrategia

MFCC extrae aspectos tímbricos de la señal, por lo que a priori no tiene en cuenta la periodicidad de la señal. Se propone agregar *Voicing* como una dimensión más del vector de características, con el objetivo de mejorar la confusión de la clase *Normal Embouchure*.

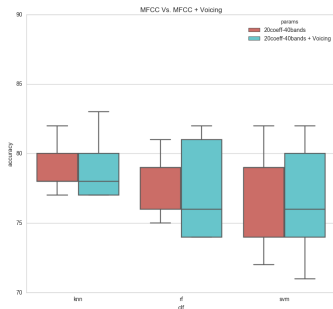
- Confusión de *Normal Embouchure* contra el resto (para MFCC 40 bandas y 20 coeficientes): 13 %.

# Refinamiento de la extracción de características basada en MFCC

Extracción de Embocadura en Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Resultados



Matriz de confusión para MFCC+Voicing

	BHC	Breathy	Normal
Clase verdadera			
BHC	88	10	1
Breathy	41	43	15
Normal	5	6	88
	BHC	Breathy	Normal
Clase predicha			

- No hay mejoras significativas ni en el *accuracy* ni la confusión (11 %).

Introducción

Embocadura

Aliento/Arrugas de Marcelo Toledo

Definición del Problema

Conjunto de Datos

Extracción de Características

Experimentos

Primer experimento

Segundo experimento

Refinamiento de la extracción de características basada en MFCC

Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Refinamiento de la extracción de características basada en MFCC

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Segunda estrategia

Variación del largo de ventana de análisis, con salto del 50 % en todos los casos:

- ▶ 11ms
- ▶ 23ms
- ▶ 46ms

### Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

### Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

### Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

### Conclusiones

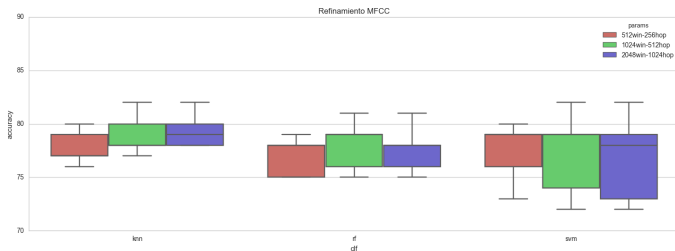
Trabajo a Futuro

# Refinamiento de la extracción de características basada en MFCC

Extracción de Embocadura en Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Resultados



- ▶ No existen cambios relevantes al variar la ventana de análisis.
- ▶ El mejor desempeño esta dado por 40 bandas *Mel* y 40 coeficientes. Resultado curioso.

Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

Definición del  
Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

Conclusiones

Trabajo a Futuro



# Conclusiones

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

## Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

## Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

## Conclusiones

Trabajo a Futuro

# Trabajo a futuro

Extracción de  
Embocadura en  
Aliento/Arrugas

Juan Braga

## Introducción

Embocadura  
Aliento/Arrugas de  
Marcelo Toledo

## Definición del Problema

Conjunto de Datos  
Extracción de  
Características

## Experimentos

Primer experimento  
Segundo experimento  
Refinamiento de la  
extracción de  
características basada  
en MFCC

## Conclusiones

**Trabajo a Futuro**