

INCORPORATING PSYCHOPHYSIOLOGICAL INDICATORS INTO TRANSPORTATION CHOICE MODELING

Marisol Castro
Angelo Guevara
Angel Jimenez-Molina

7 Octubre 2019



CIS Asociados Consultores
en Transporte S.A.



FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Motivación

- La planificación, evaluación y gestión de los servicios de transporte público se basan principalmente en **tiempos y costos de transporte**, incorporando escasamente otras variables relevantes de la experiencia del usuario.
- Algunos aspectos reconocidamente relevantes del usuario en su experiencia de viaje son difíciles de medir y consultar:
 - Cansancio físico y/o mental del usuario
 - Estrés/ansiedad
 - Emociones, tales como sensación de bienestar, rabia, temor o sorpresa
 - Esfuerzo/ carga cognitiva (mental)





Señales Psico-Fisiológicas

- Tanto los procesos **psicológicos** (*esfuerzo mental, stress, satisfacción, frustración, entre otros*) como **fisiológicos** (*respuesta cardíaca, actividad pupilar, temperatura, respuesta galvánica de la piel, entre otros*) están regulados por el Sistema Nervioso Autónomo.
 - Hay evidencia empírica de la correlación existente entre ambos procesos.
- En el área de transporte, el uso de señales psico-fisiológicas es **muy limitado**.
 - ¿La tecnología existente permite medir las señales?
 - ¿Cómo interpretamos y usamos las señales para mejorar la planificación de sistemas de transporte?



Biosensores

Experimento Exploratorio



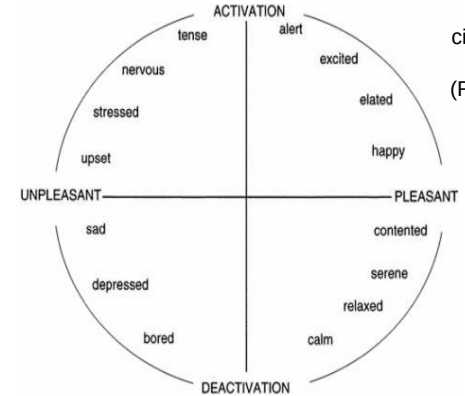
Se realizó un **experimento piloto** para validar factibilidad de la captura de señales fisiológicas en viajes de transporte público, en sus diversas etapas (caminando, bus, metro):

- Temperatura corporal axilar (TEMP)
- Actividad Electrodermal (EDA)
- Fotopletismografía (ritmo cardiaco: HR)
- Acelerómetro/giroscopio (ACC)

Experimento Exploratorio

- Metodología (experimento N°3)
 - Se seleccionó un voluntario para desarrollar el experimento
 - Sesión de relajación previa al experimento
 - Viaje en dos etapas: bus y metro
 - Registro de emociones en distintas etapas del viaje por medio de un app (aleatoriamente, ~ 5min)
 - Post-procesamiento de las señales

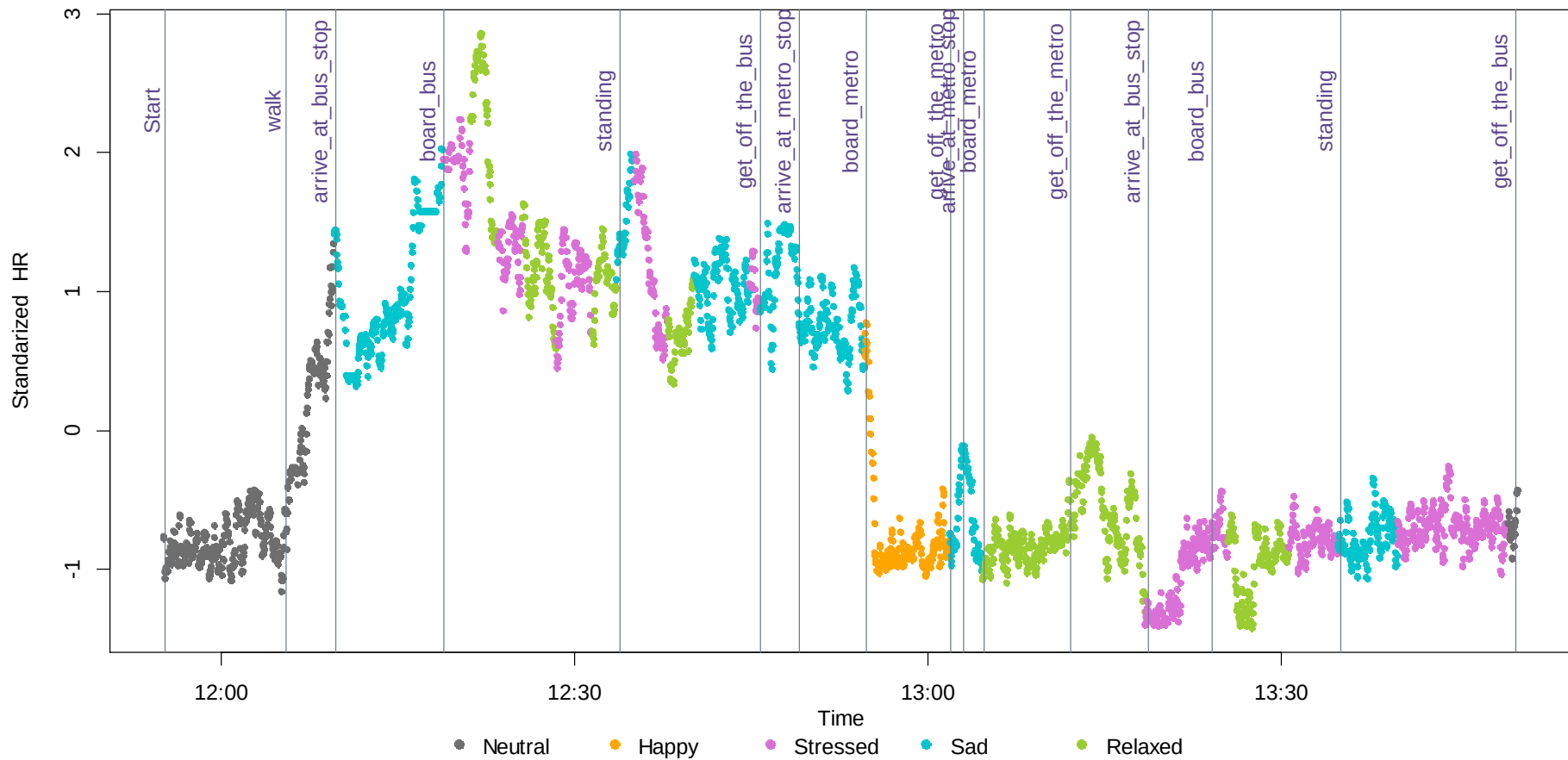
Circulo
circumplex de
emociones
(Russell, 1980)



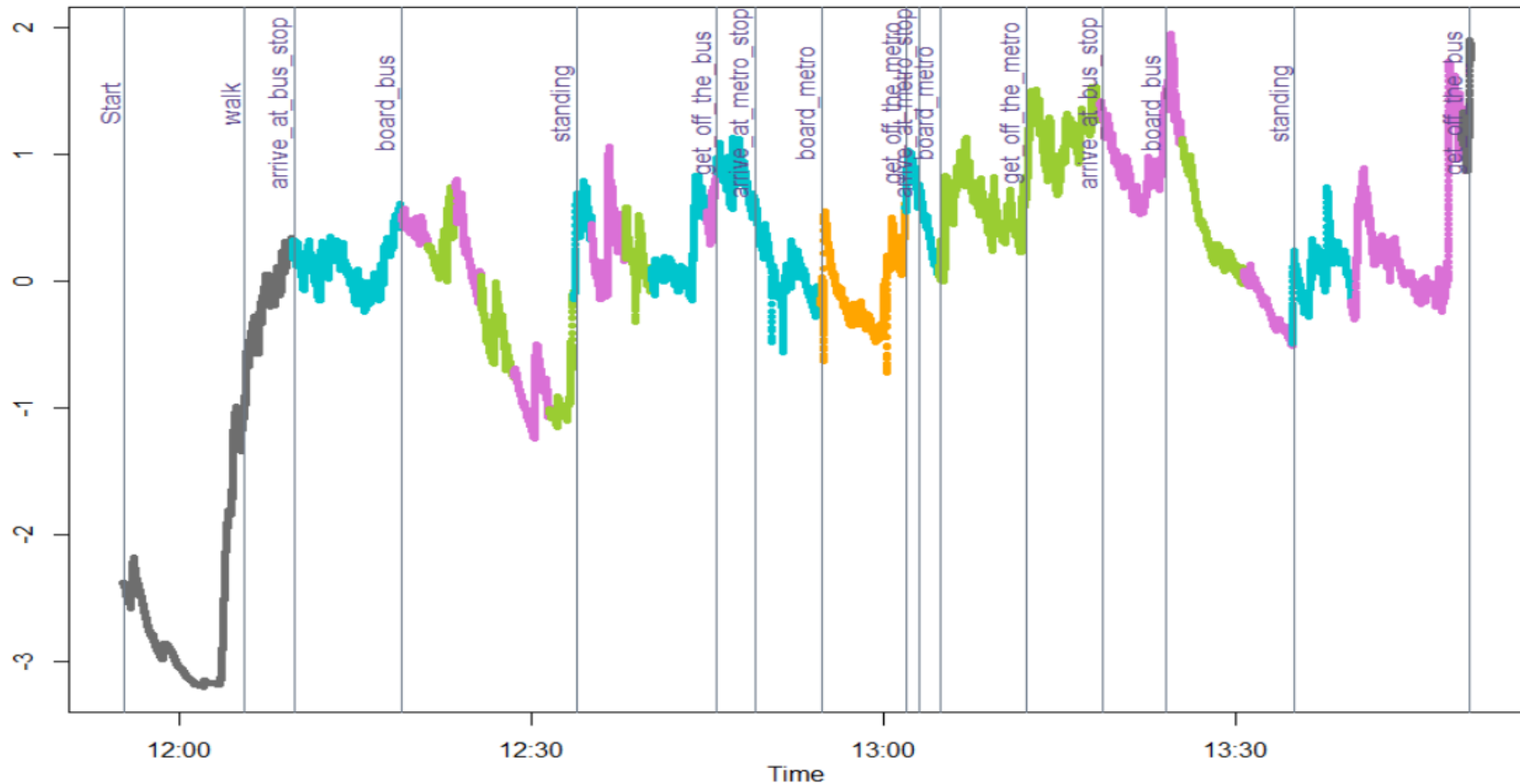
WeSST Lab
Web Science & Smart Technologies Lab

¿Cuál de estos botones
representa mejor tu estado en
este momento?





Standardized EDA

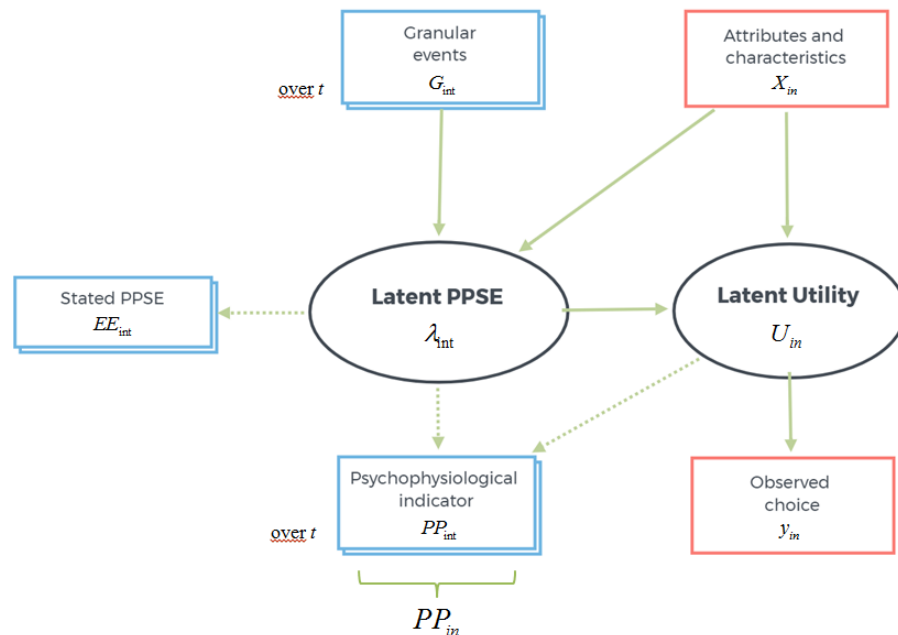


• Neutral • Happy • Stressed • Sad • Relaxed

Modelación de Señales

- Desafío: gran número de mediciones
 - HR: 3.229 mediciones/persona-viaje
 - EDA: 55.343 mediciones/persona-viaje
- Opción: Algoritmos de Machine Learning (classification)
 - Ventaja: alta precisión en términos predictivos
 - Desventaja: poca interpretabilidad de resultados
- Propuesta
 - Modelo de elecciones discretas que controle la alta dimensionalidad del problema

i : alternativa
 n : individuo
 t : tiempo



$$PP_{in} \approx \ln \sum_t e^{\gamma \ln \sum_s \gamma_s PP_{inst}}$$

Aproximación, sobre t ,
 del valor de las señales

Modelación de Señales

- En el paper (*work-in-progress*)
 - Detalle de cada componente del modelo y sus inter-relaciones
 - Simulación de Monte Carlo
- Para el caso de estudio:
 - Variable de elección: emoción (neutral, feliz, estresado, triste, relajado)
 - Variables explicativas: etapas del viaje
 - Variables Psico-Fisiológicas: EDA, TEMP, HR, ACC
- Problema: solo 23 observaciones
 - Solución: generación de pseudo-observaciones a partir de ventanas de tiempo

Modelación de Señales

Variables
descriptivas

Variable	Variable name	5-seconds window		10-seconds window	
		Observations	Share	Observations	Share
<i>Circumplex Emotions</i>					
Neutral	Neutral	184	13.4%	92	13.4%
Alert, excited, elated, happy	Happy	86	6.2%	43	6.2%
Tense, nervous, stressed, upset	Stressed	382	27.7%	190	27.6%
Sad, depressed, bored	Sad	387	28.1%	194	28.2%
Contented, serene, relaxed, calm	Relaxed	339	24.6%	170	24.7%
<i>Trip Stages</i>		0	0	0	0
Walking to the bus stop / metro station	Walk	294	21.3%	148	21.5%
Waiting for the bus/metro	Wait	242	17.6%	121	17.6%
Riding the bus	Bus	633	45.9%	316	45.9%
At the metro	Metro	209	15.2%	104	15.1%
Descriptive statistics					
Variable	Window	Mean	Std. Dev.	Minimum	Maximum
Standarized Electrodermal Activity (EDA)	5-second	3.69	1.00	0.49	5.58
Standarized Heart Rate (HR)		0.83	1.02	-0.71	3.78
Standarized Acceleration (ACC)		4.93	0.78	4.48	11.01
Standarized Skin Temperature (ST)		4.61	1.00	2.16	5.99
Standarized Electrodermal Activity (EDA)	10-second	4.39	1.00	1.19	6.19
Standarized Heart Rate (HR)		1.54	1.00	0.02	4.30
Standarized Acceleration (ACC)		5.69	0.81	5.22	11.02
Standarized Skin Temperature (ST)		5.30	1.00	2.87	6.68

Modelación de Señales

Resultados estimación del modelo

Model Variable	Neutral		Happy		Stressed		Sad		Relaxed	
	Estimate	t-stat	Estimate	t-stat	Estimate	t-stat	Estimate	t-stat	Estimate	t-stat
5-seconds window sample										
<i>Emotion-specific constants</i>	-	-	-6.900	-1.95	-23.624	-7.31	-18.739	-5.97	-17.400	-4.74
<i>Trip Stages</i>										
Walk	-	-	-	-	-4.650	-5.35	-1.639	-1.80	-1.002	-1.19
Wait	-	-	-	-	-	-	1.855	5.79	-	-
Bus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metro	-	-	-	-	-	-	-	-	0.917	3.40
<i>Psychophysiological indicators</i>										
EDA	-	-	-	-	3.600	4.51	2.898	3.48	3.322	4.04
HR	-	-	-	-	1.871	2.40	2.223	2.82	1.809	2.35
ACC	-	-	-0.679	-2.04	-0.442	-2.12	-	-	-1.196	-4.87
TEMP	-	-	2.035	2.52	2.875	4.26	2.040	3.05	2.480	3.55

Modelación de Señales

Comparación con algoritmo de *machine learning*

Sample	Model	Precision	Recall	F1 Score
5-seconds window	Machine learning	77.4%	74.2%	75.5%
	Only constant	26.2%	20.0%	40.2%
	Proposed method	51.5%	50.1%	60.5%
10-seconds window	Machine learning	71.8%	61.7%	64.1%
	Only constant	25.4%	19.9%	39.8%
	Proposed method	53.7%	50.0%	59.9%

↓

Proporción de
identificaciones positivas
que son correctas

↓

Proporción de positivos
reales que fueron
identificados
correctamente

↘

f (precision,
recall)

Conclusiones y Próximas Líneas de Investigación

- Nueva área de recolección de datos que puede mejorar el entendimiento del comportamiento y las elecciones de los viajeros. Se evitaría, potencialmente
 - Desarrollo de encuestas
 - Sesgo hipotético
- El enfoque de modelación propuesto fue validado
 - Mediante simulaciones de Monte Carlo (en el paper)
 - Usando datos reales (experimento piloto)
- **Próximos pasos:** poder concluir acerca de los factores físicos, emocionales y cognitivos que condicionan la satisfacción de usuarios de transporte público por medio de datos psico-fisiológicos

INCORPORATING PSYCHOPHYSIOLOGICAL INDICATORS INTO TRANSPORTATION CHOICE MODELING

Marisol Castro
Angelo Guevara
Angel Jimenez-Molina

7 Octubre 2019

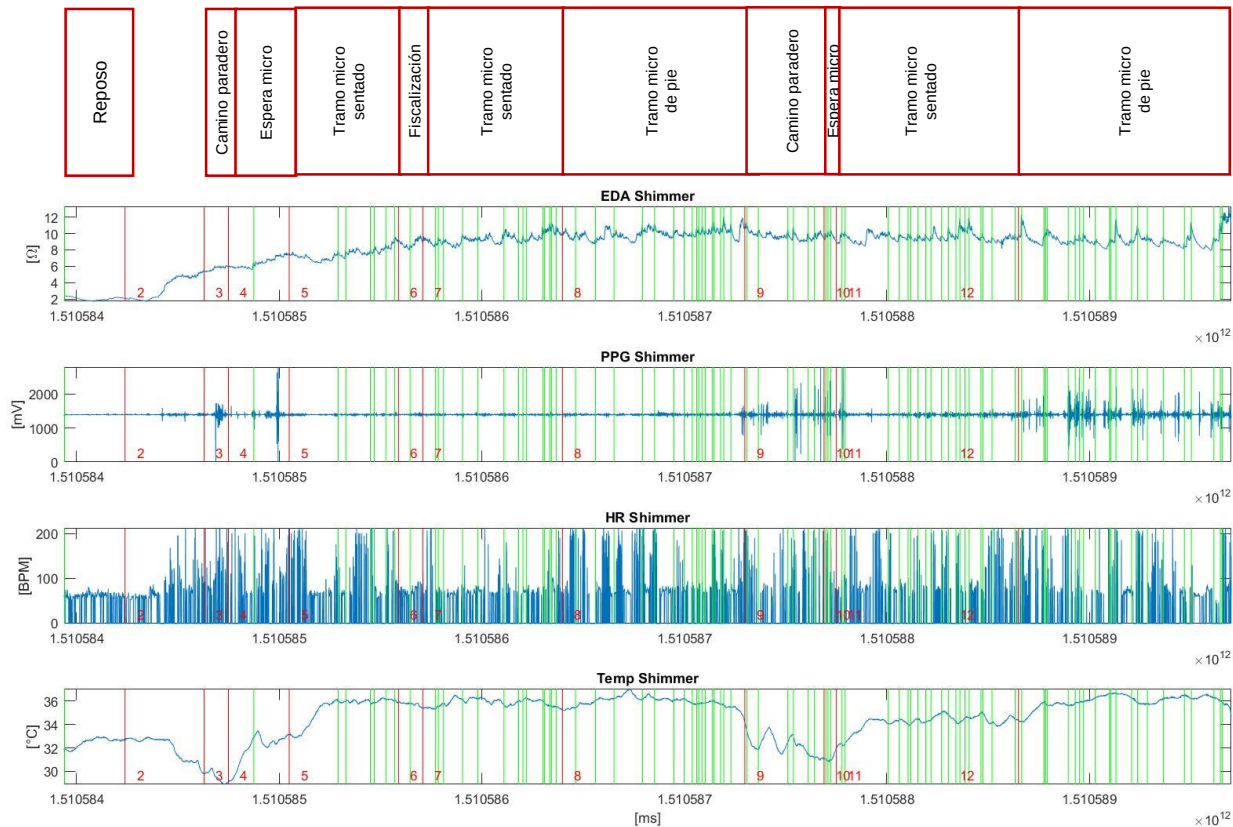


CIS Asociados Consultores
en Transporte S.A.

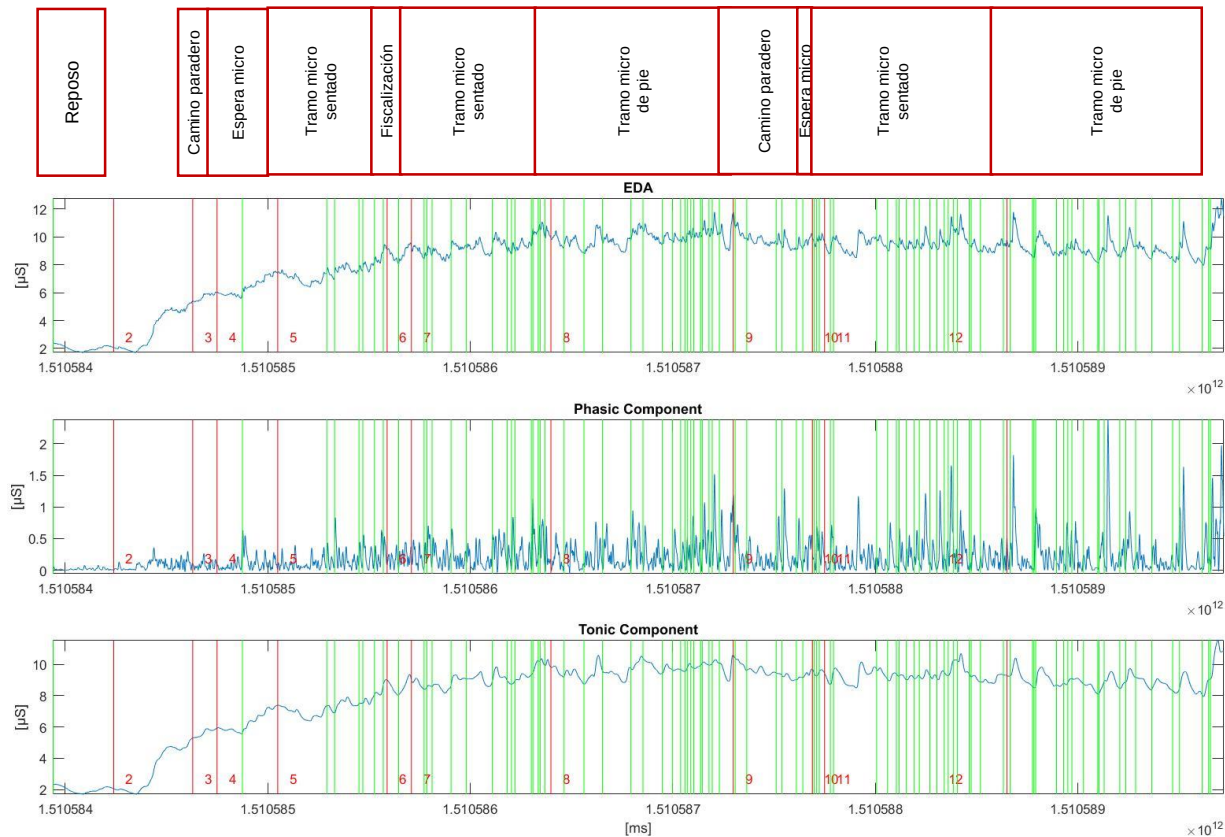


FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Señales Capturadas



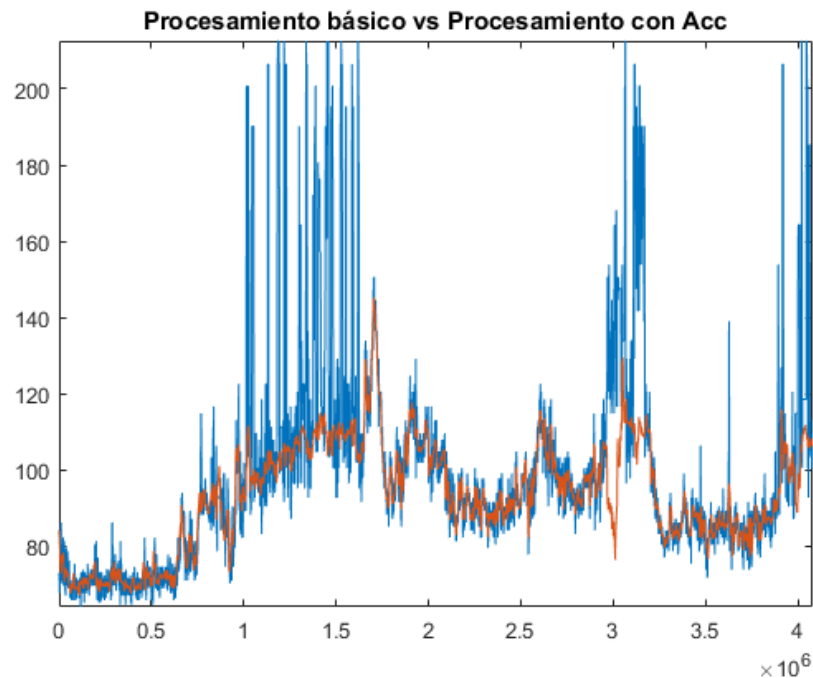
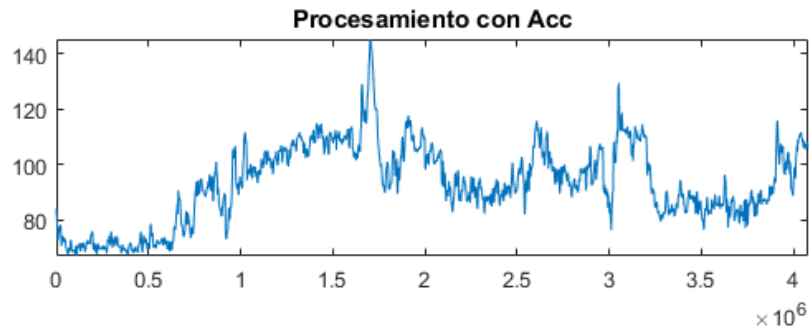
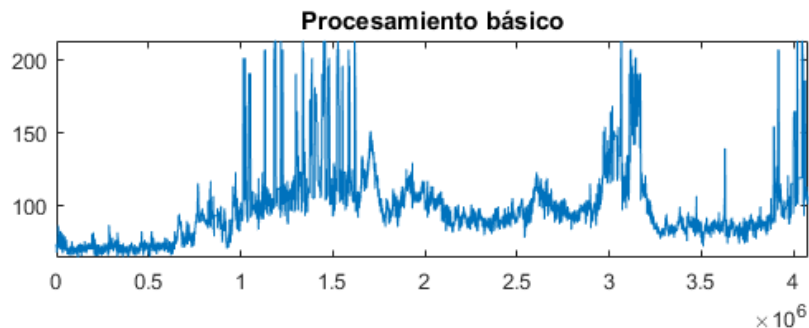
Procesamiento de la Actividad Electrodermal



Procesamiento de señales

ppg2hrBOLOURSAZ:

- Eliminación de artefactos de movimiento sobre la señal PPG utilizando la señal del acelerómetro 3-axial. A continuación un ejemplo (caso 2).



Análisis de peaks de EDA

- Filtrado básico:
 - LPF, $f_c=5$ Hz.
 - Filtro Hampel (eliminación de outliers).
- Ledalab:
 - Downsample 120 -> 8 Hz
 - Filtro ventana de Hanning 15 $\rightarrow$ "smooth_eda"
- EDA explorer:
 - Input: Dataframe a 8 Hz: |Z-axis | Y-axis | X-axis | Battery | degrees Celsius | smooth_EDA(uS)|
 - Find_noise(binary): Se elimina el ruido detectado.
 - Find_peaks_Threshold: 0,02 a 0,2.
- Análisis:
 - Por etapas: calculando peaks/minuto.

Señales Capturadas

