

# **Predicción de Fotogramas con Redes Neuronales Profundas**

Máster Universitario en Visión Artificial

Autor: Nuria Oyaga de Frutos

Tutor: José María Cañas Plaza

Cotutor: Inmaculada Mora Jiménez

# ÍNDICE

---

1. Introducción

---

2. Objetivos

---

3. Infraestructura

---

4. Generación de secuencias

---

5. Predicción con imágenes modeladas

---

6. Predicción con imágenes crudas

---

7. Conclusiones

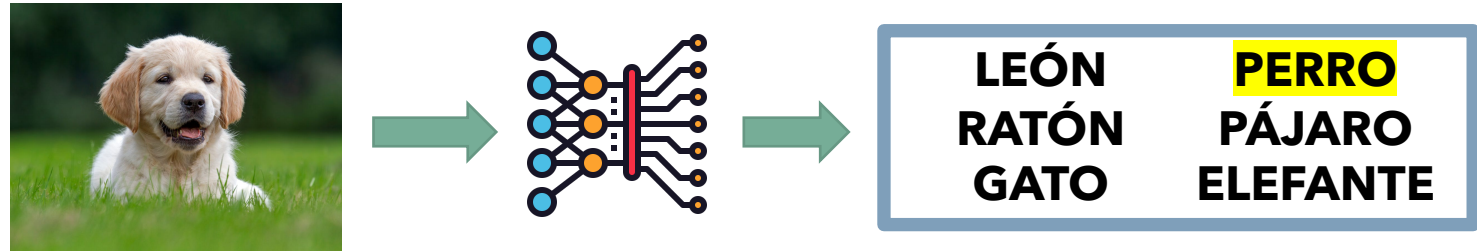
The background features a large blue semi-circle on the right side. To its left, there is a green circle and a green square. Several green dashed lines of varying lengths are scattered across the left side of the image. The word "INTRODUCCIÓN" is written in white, bold, uppercase letters across the blue semi-circle.

# INTRODUCCIÓN

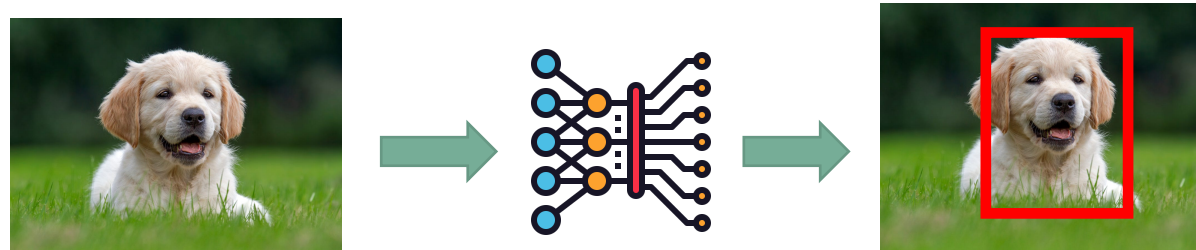
# 1. Introducción

## Tareas de visión artificial con Redes Neuronales

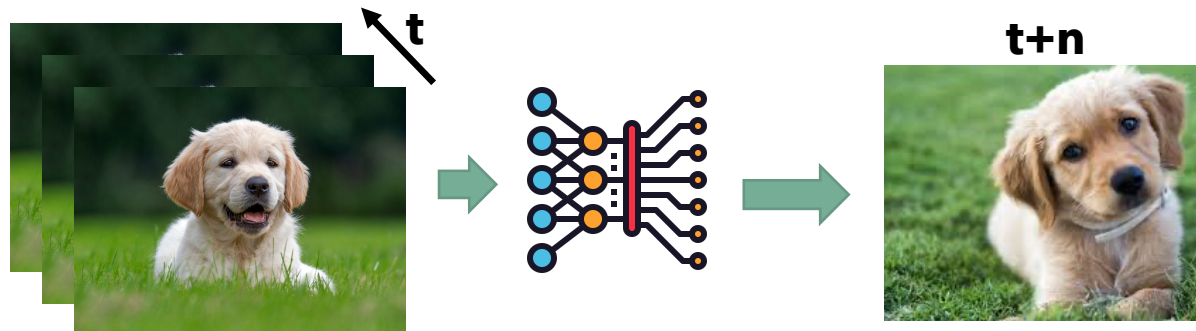
- Clasificación:



- Detección:



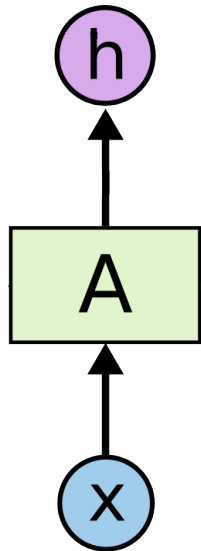
- Predicción :



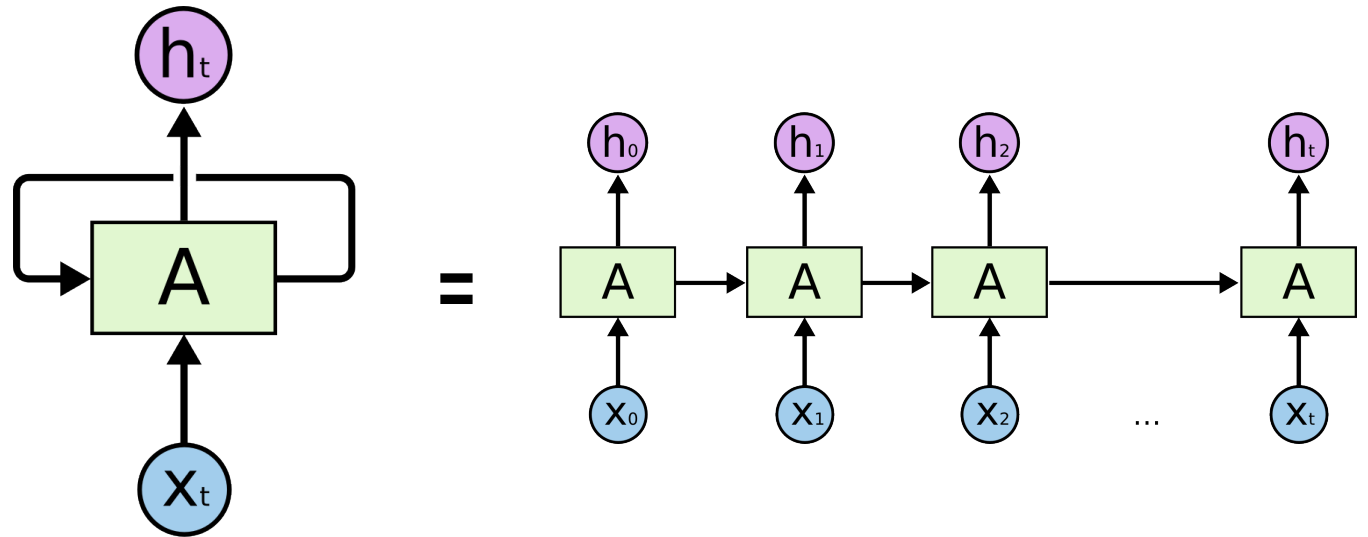
# 1. Introducción

## Redes recurrentes VS no recurrentes

No recurrente



Recurrente



Persistencia del conocimiento



The background features abstract geometric shapes. A large blue semi-circle occupies the right side. A green circle is in the upper left. A green square outline is on the left. A green line with a right-angle bend is at the top. Several green dashed lines of varying lengths are scattered on the left side.

# OBJETIVOS

## 2. Objetivos

**Diseño y el análisis** de distintas redes neuronales como **predictores visuales** con secuencias de **vídeo**.

- **Desarrollo software** para **ejecución y evaluación** de redes neuronales.
- **Creación de las bases de datos**
- Estudio y evaluación de redes para la **predicción con imágenes modeladas**.
- Estudio y evaluación de redes para **la predicción con imágenes crudas**.

The background features abstract geometric shapes. A large blue semi-circle occupies the right side. A green circle is in the upper left. A green square outline is on the left. Various green lines, including dashed and solid ones, are scattered across the left side. The word 'INFRAESTRUCTURA' is written in white, bold, uppercase letters across the blue semi-circle.

# INFRAESTRUCTURA



### 3. Infraestructura

#### Software



python™

matplotlib



Keras

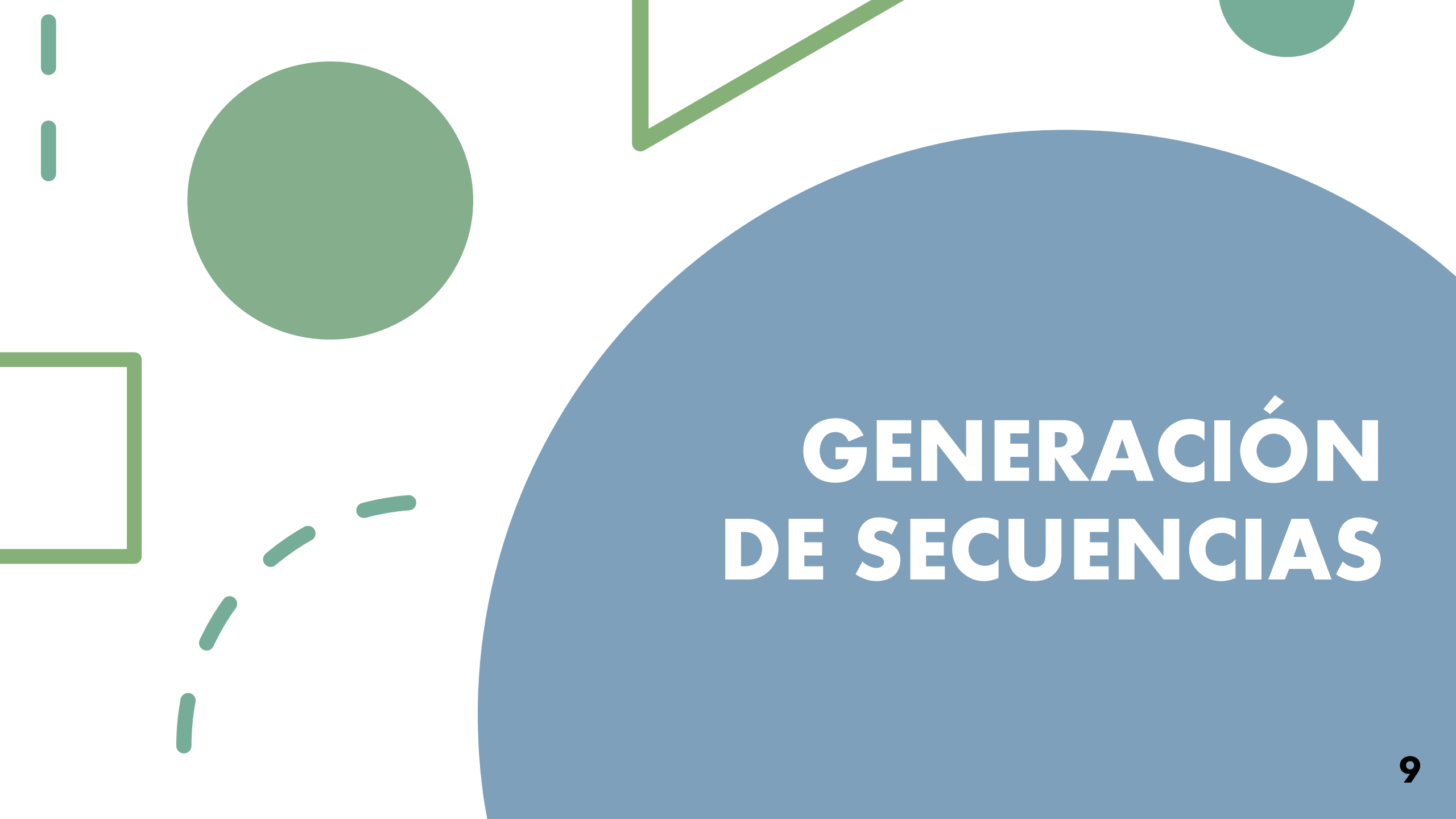


OpenCV

#### Hardware



- Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2609 v4 @ 1.70GHz
- 8 cores
- 64GB
- GeForce GTX 1080

The background features a large blue semi-circle on the right side. To its left, there is a green circle and a green square outline. Several green dashed lines of varying lengths are scattered across the left side of the image.

# **GENERACIÓN DE SECUENCIAS**

## 4. Generación de secuencias

### Limitaciones del trabajo

- Imágenes muy sencillas
  - Tamaño 80x120
  - Píxel blanco (activo) que se desplaza sobre fondo negro
- Muestreo regular
  - Velocidad constante
  - No faltan muestras
- Ausencia de ruido

# 4. Generación de secuencias

## Tipos de imágenes

CRUDAS



x	y
0	17
3	18
6	2
9	22
12	23
15	25
18	27
21	28
24	3
27	32
30	34
33	35
36	37
39	39
42	4
45	42
48	44
51	46
54	47
57	49
87	66

MODELADAS

## 4. Generación de secuencias

### Tipos de dinámicas - Dinámica lineal

$$y = mx + n$$

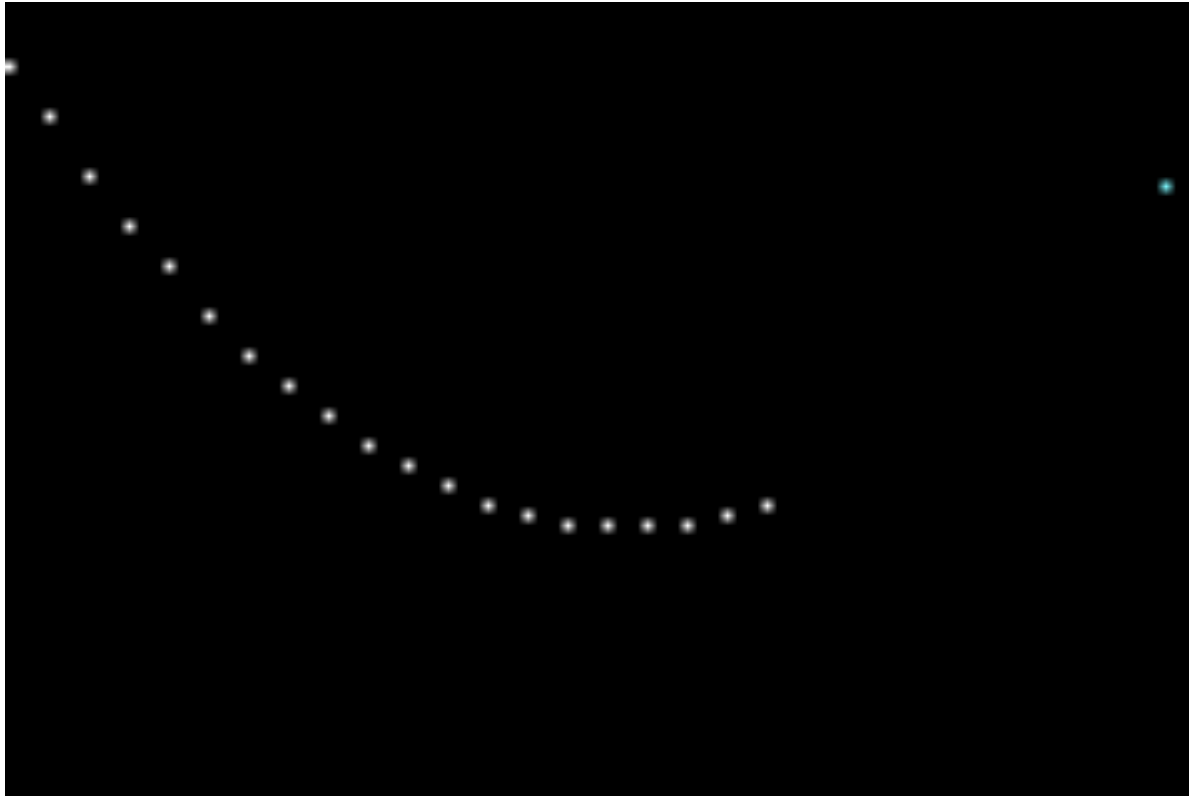


DOF	Parámetro
<b>1</b>	m
<b>2</b>	n

## 4. Generación de secuencias

### Tipos de dinámicas - Dinámica parabólica

$$y = ax^2 + bx + c$$



DOF	Parámetro
<b>1</b>	a
<b>2</b>	c
<b>3</b>	b

## 4. Generación de secuencias

### Tipos de dinámicas - Dinámica sinusoidal

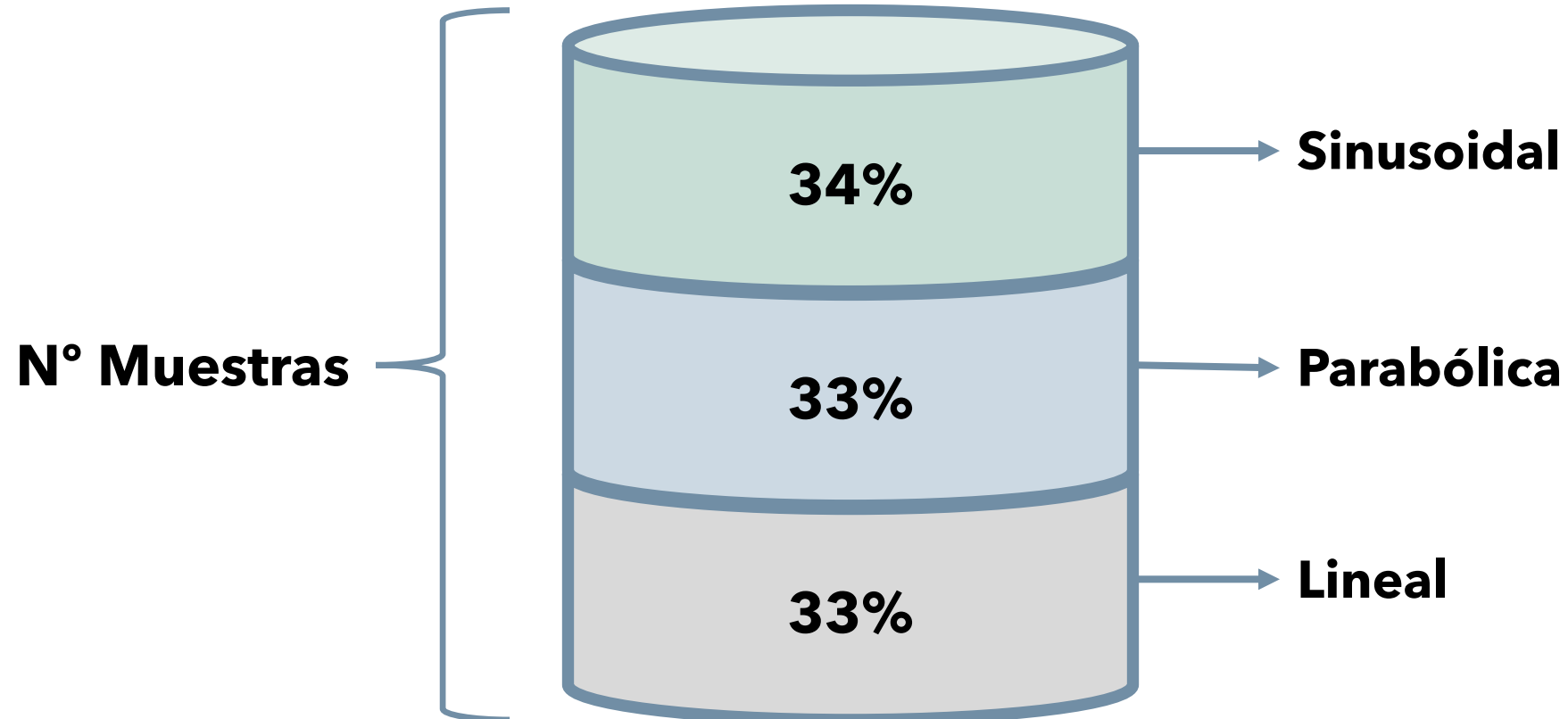
$$y = A \times \sin(2\pi f x + \theta) + c$$



DOF	Parámetro
<b>1</b>	f
<b>2</b>	c
<b>3</b>	A
<b>4</b>	$\theta$

## 4. Generación de secuencias

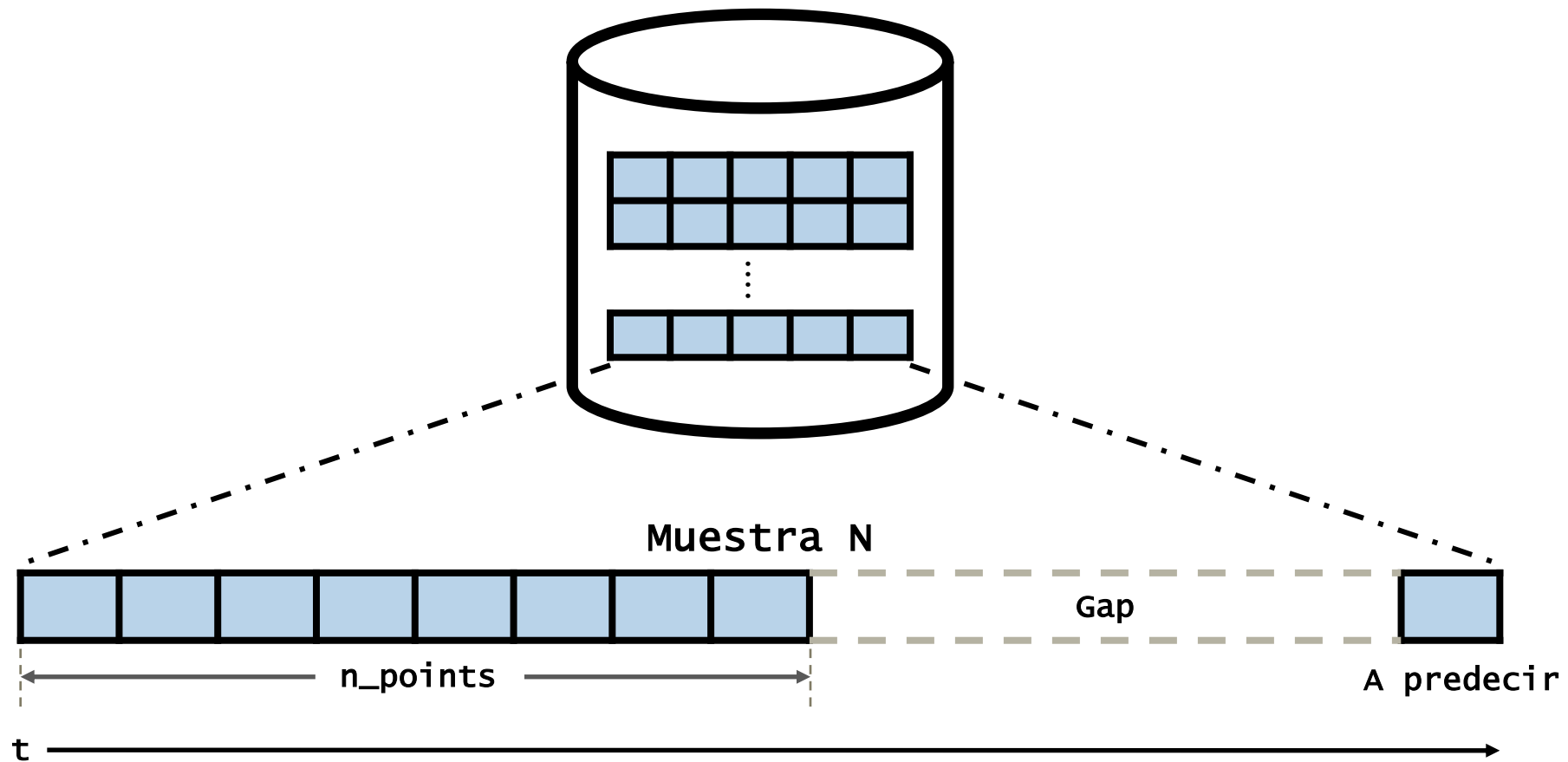
Tipos de dinámicas - Dinámica combinada





## 4. Generación de secuencias

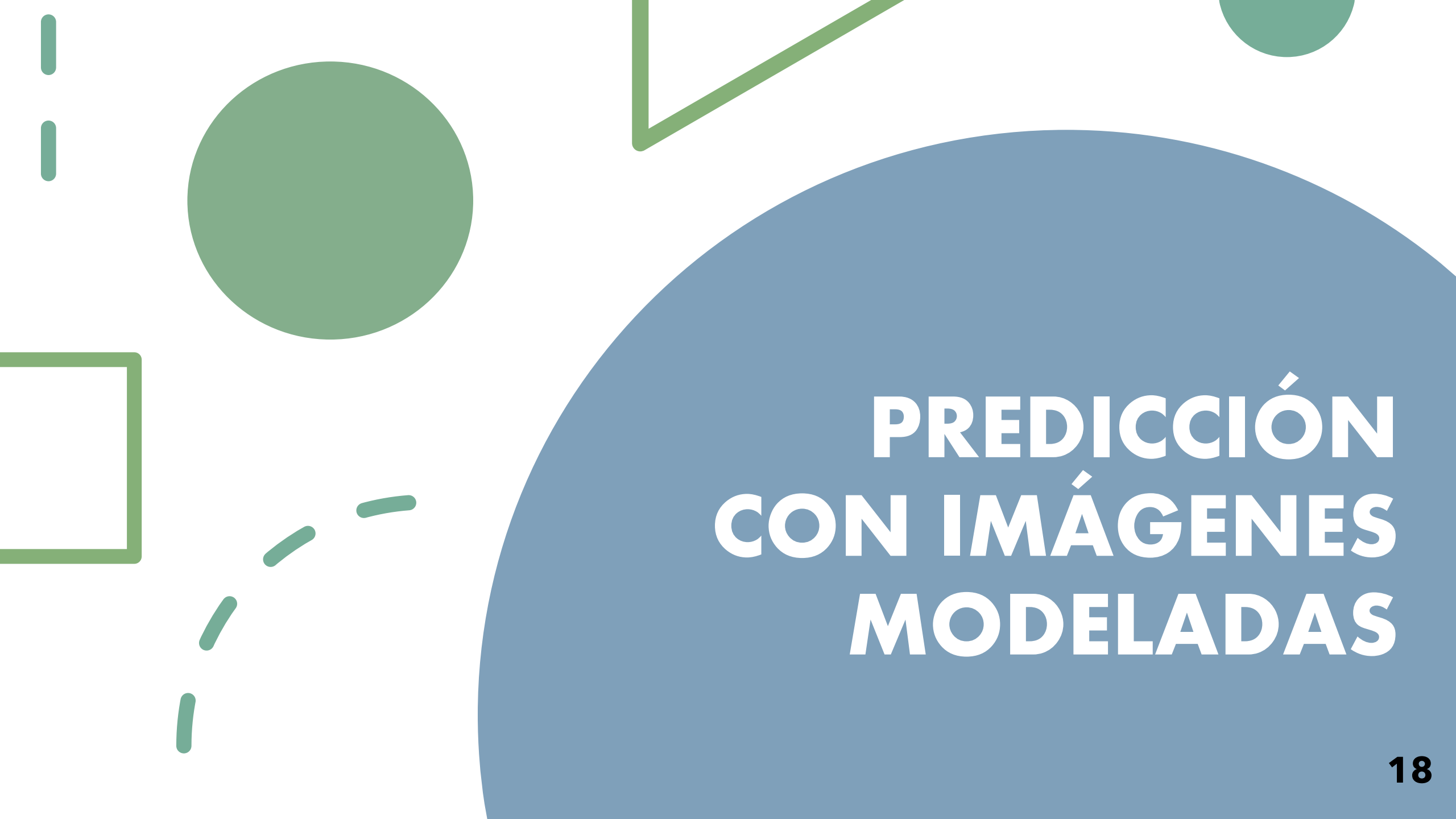
### Estructura de la base de datos



## 4. Generación de secuencias

### Características comunes

Parámetro		Valor
Gap		10 Instantes temporales
N_points		20 Instantes temporales
División de subconjuntos	Train	80%
	Validation	10%
	Test	10%

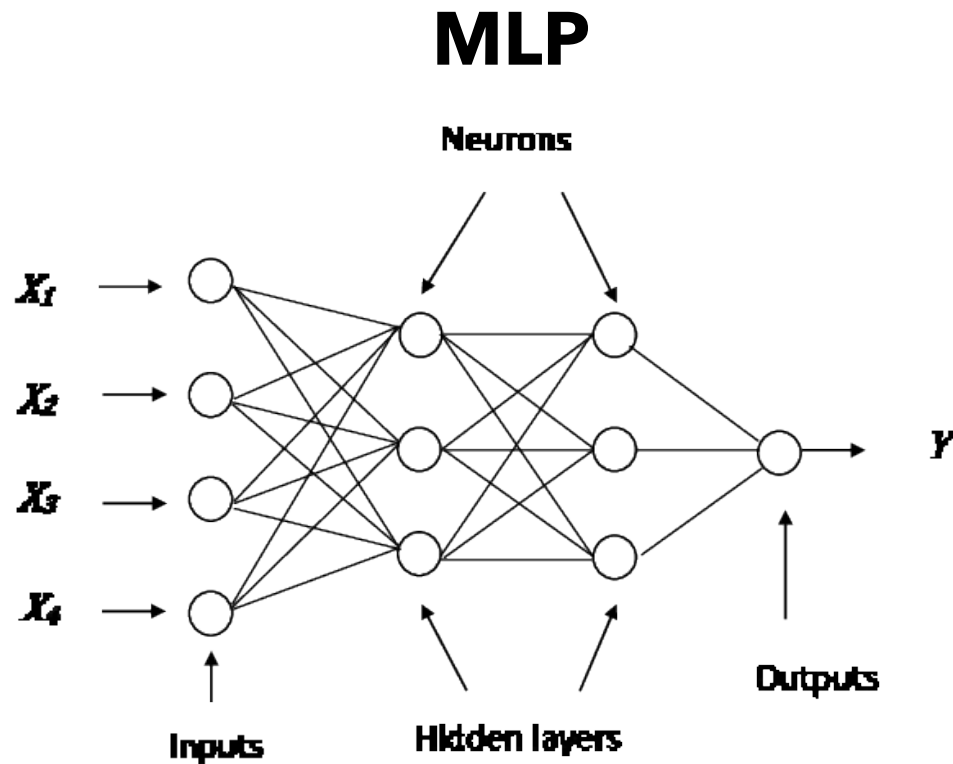
The background features a large blue semi-circle on the right side. To its left, there is a green circle and a green square. Various green lines, including dashed and solid ones, are scattered across the white background. The text is centered within the blue semi-circle.

# **PREDICCIÓN CON IMÁGENES MODELADAS**

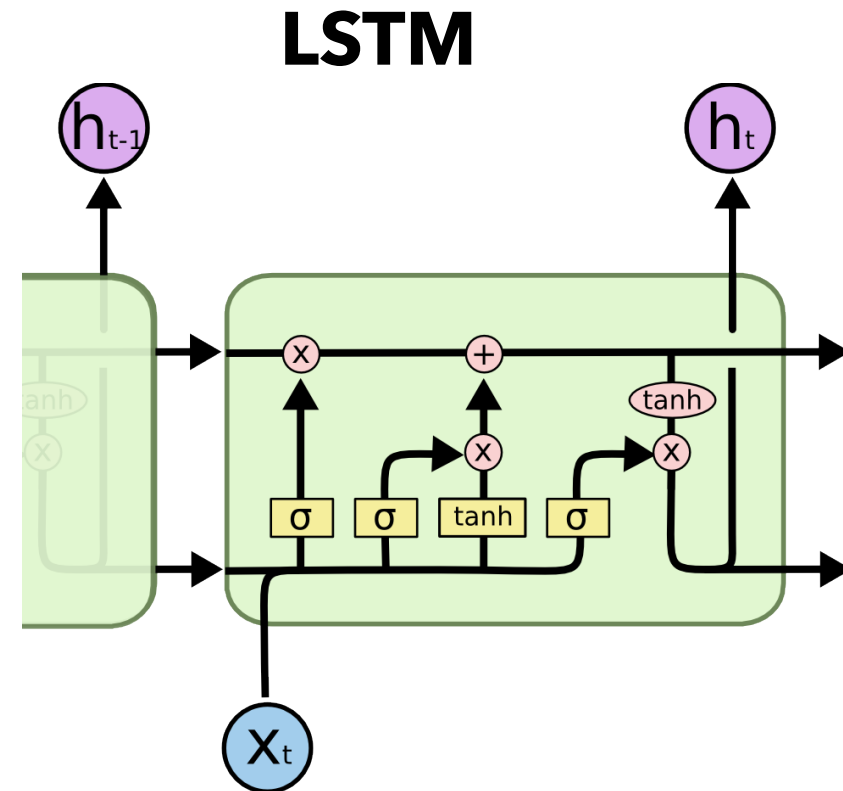
# 5. Predicción con imágenes modeladas

## Tipos de redes

Perceptrón multicapa

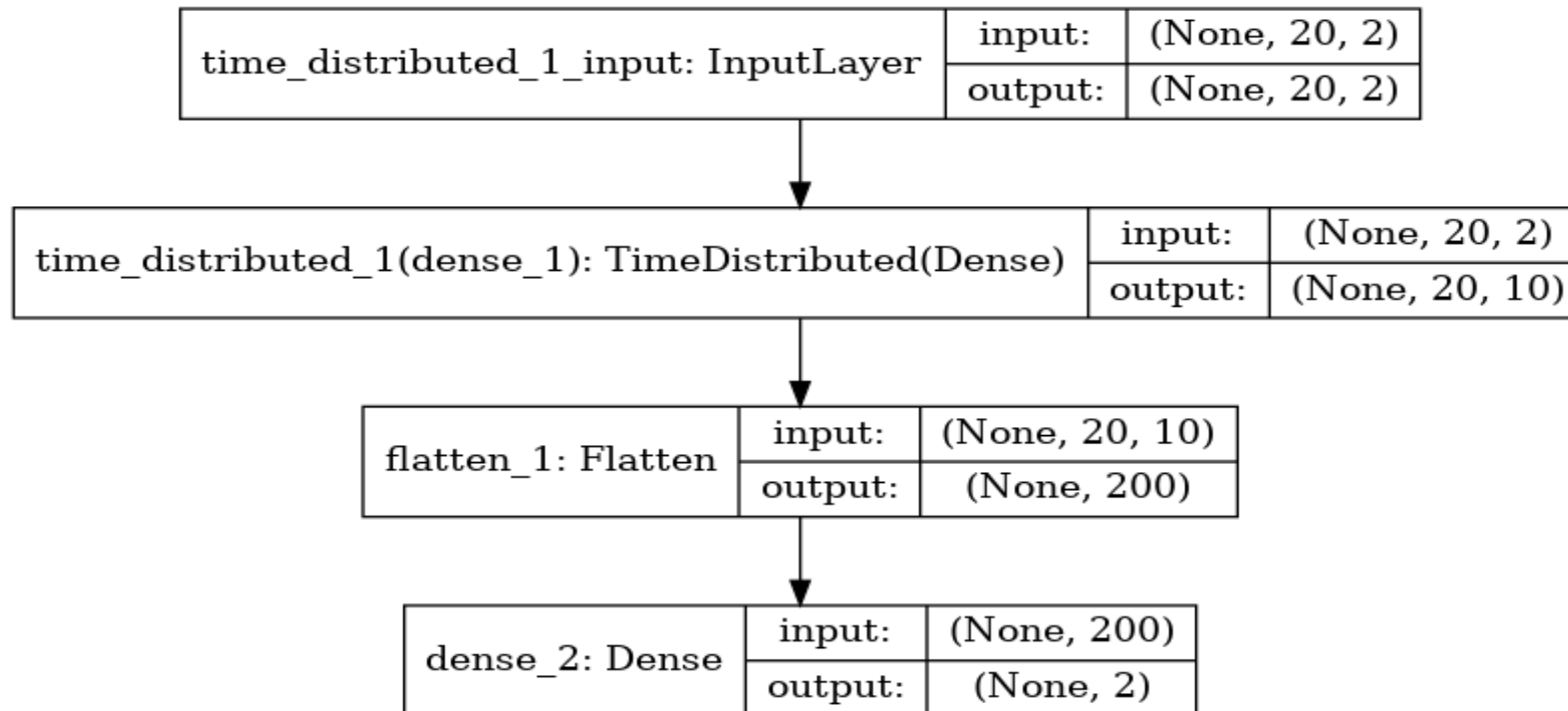


Long-Short Term Memory



# 5. Predicción con imágenes modeladas

## Estructuras propuestas - MLP



- 1 capa oculta con 10 neuronas

# 5. Predicción con imágenes modeladas

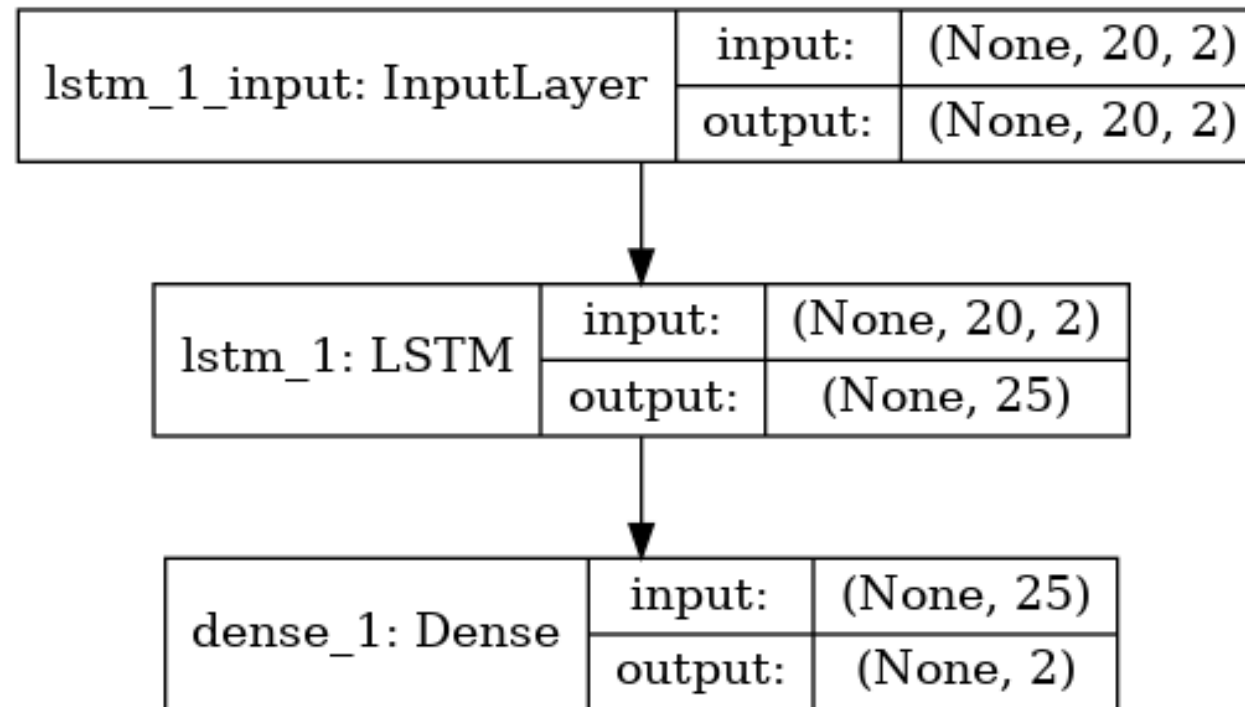
## Resultados - MLP

- 10000 muestras de test
- Límite en sinusoidal de 2 DOF

DINÁMICA		MEDIA ERROR RELATIVO
Lineal	1 DOF	0.21 %
	2 DOF	0.31 %
Parabólica	1 DOF	0.28 %
	2 DOF	0.42 %
	3 DOF	0.65 %
Sinusoidal	1 DOF	0.54 %
	2 DOF	3.89 %

# 5. Predicción con imágenes modeladas

## Estructuras propuestas - LSTM-1



- 1 capa LSTM con 25 celdas de memoria

# 5. Predicción con imágenes modeladas

## Resultados - LSTM-1

- 10000 muestras de test
- Límite en sinusoidal de 4 DOF

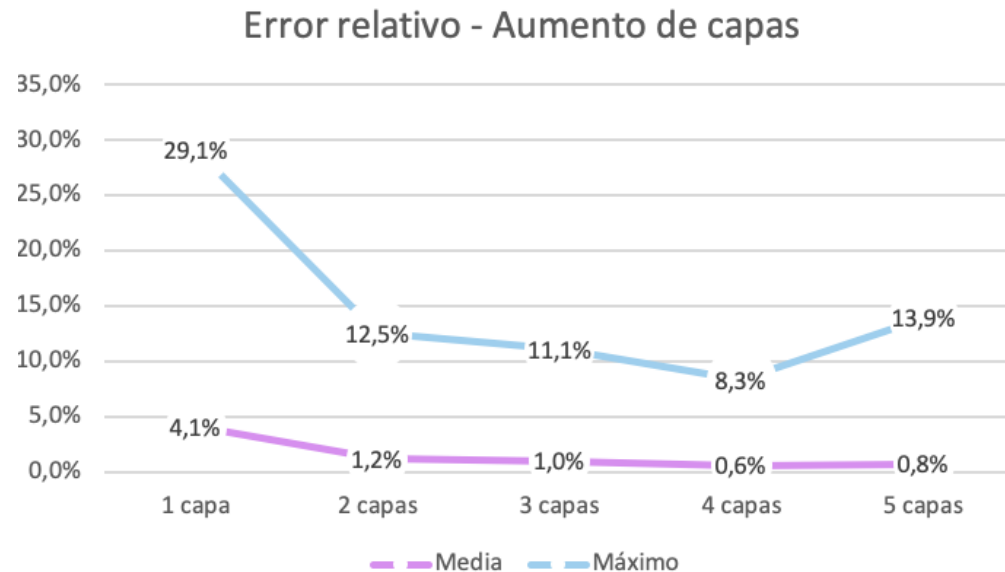
DINÁMICA		MEDIA ERROR RELATIVO
Lineal	1 DOF	0.16 %
	2 DOF	0.25 %
Parabólica	1 DOF	0.12 %
	2 DOF	0.35 %
	3 DOF	0.58%
Sinusoidal	1 DOF	0.42 %
	2 DOF	0.89 %
	3 DOF	0.84 %
	4 DOF	4.1 %



# 5. Predicción con imágenes modeladas

## LSTM-4 - Mejora de la red

### Aumento n° capas



- Mejora las prestaciones
- Límite en 4 capas

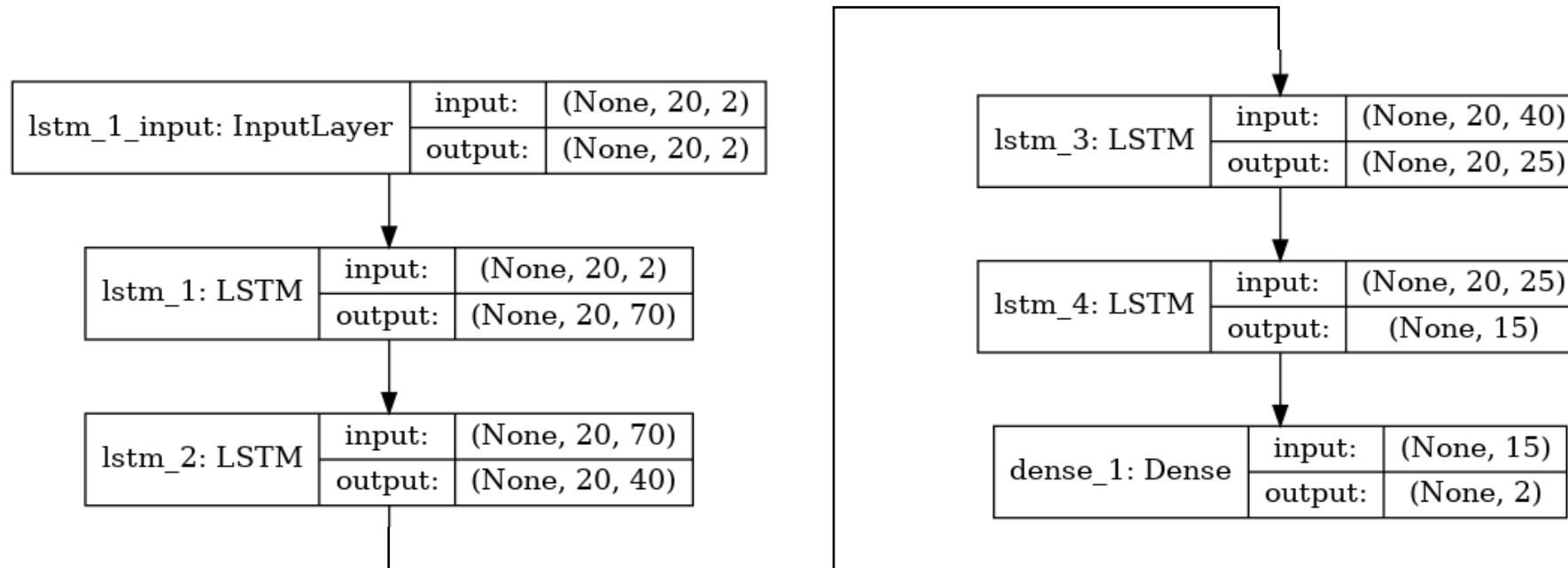
### Aumento n° neuronas

- 25 → 50 neuronas
- 4% → 2.5% media error relativo
- Mejora muy poco las prestaciones

- Dinámica sinusoidal 4 DOF
- 80000 muestras entrenamiento
- 10000 muestras test

# 5. Predicción con imágenes modeladas

## Estructuras propuestas - LSTM-4



- 4 capas LSTM con 70, 40, 25 y 15 celdas de memoria

# 5. Predicción con imágenes modeladas

## Resultados - LSTM-4

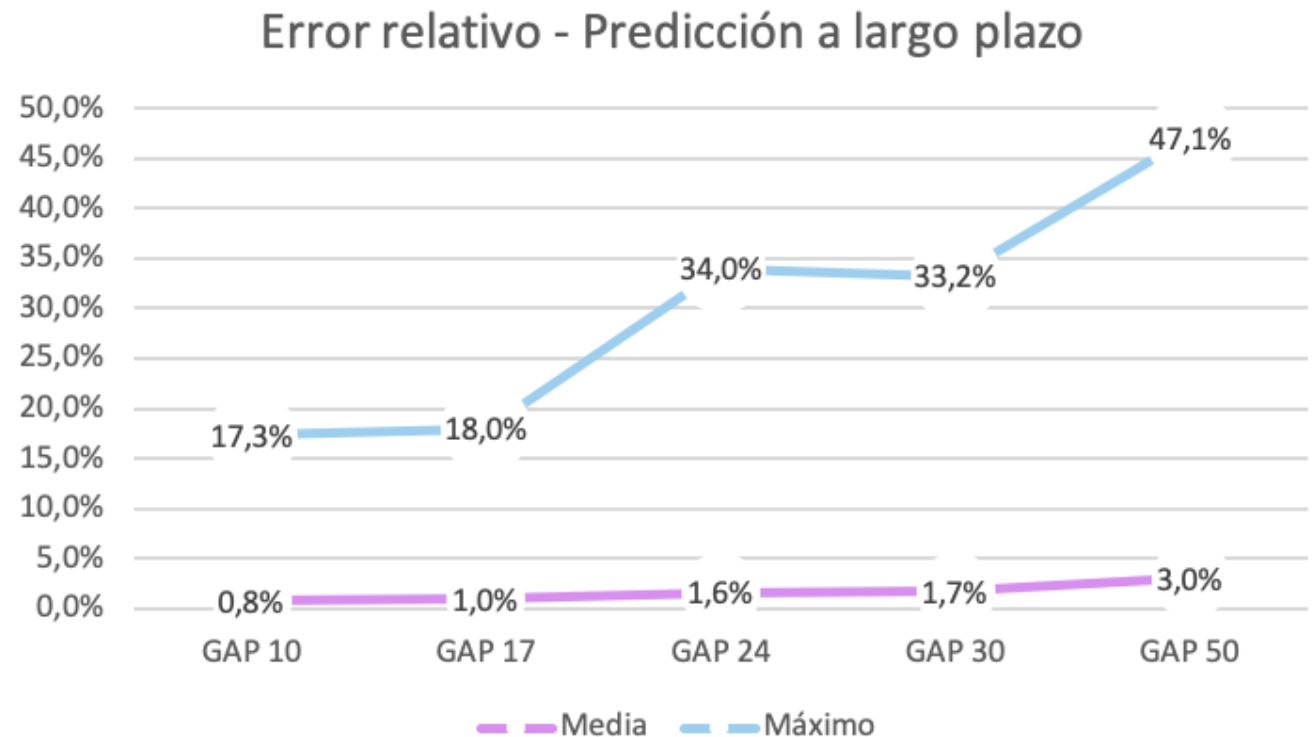
- 10000 muestras de test
- Se logra predecir


DINÁMICA		MEDIA ERROR RELATIVO
Lineal	2 DOF	0.12 %
Parabólica	3 DOF	0.5%
Sinusoidal	4 DOF	0.61 %
Combinada		0.81 %

# 5. Predicción con imágenes modeladas

## LSTM-4 - Predicción a largo plazo

- 10000 muestras de test
- Pérdida de capacidad predictiva con umbrales admisibles
- Imagen 640x480:
  - 14 píxeles de media a 30 fotogramas (1.7 %)
  - 24 píxeles de media a 50 fotogramas (3 %).





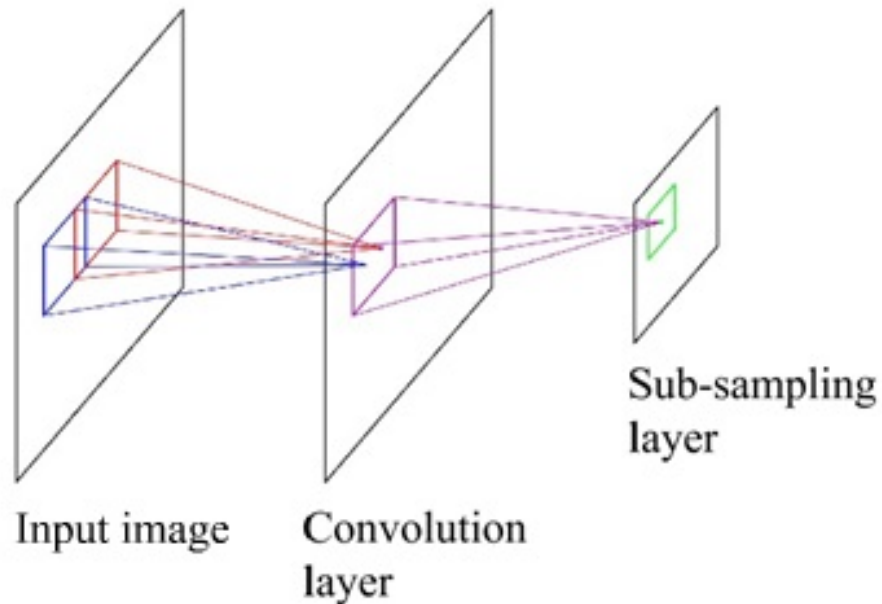
# PREDICCIÓN CON IMÁGENES CRUDAS

# 6. Predicción con imágenes crudas

## Tipos de redes

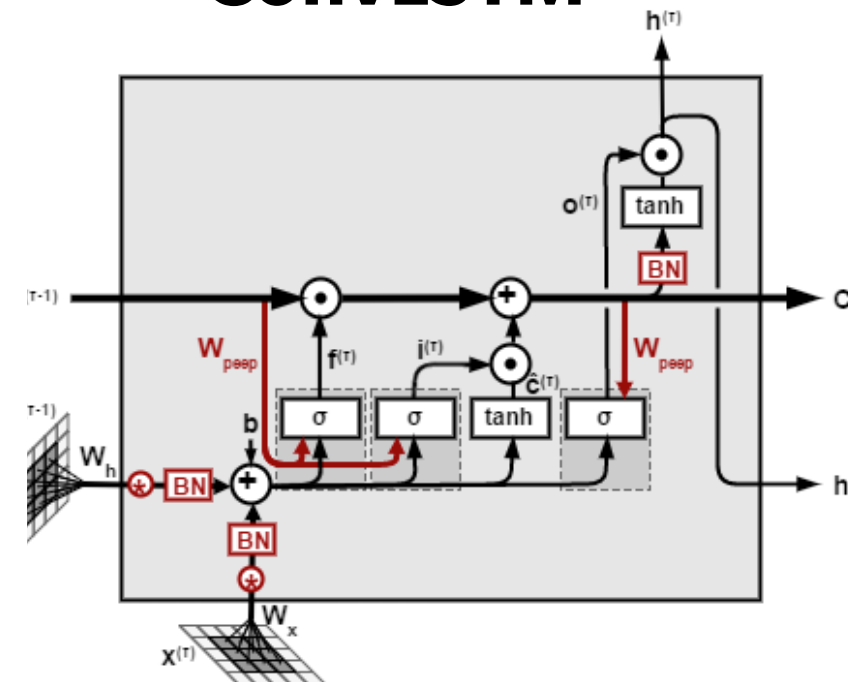
Convolutional Neural Network

### CNN



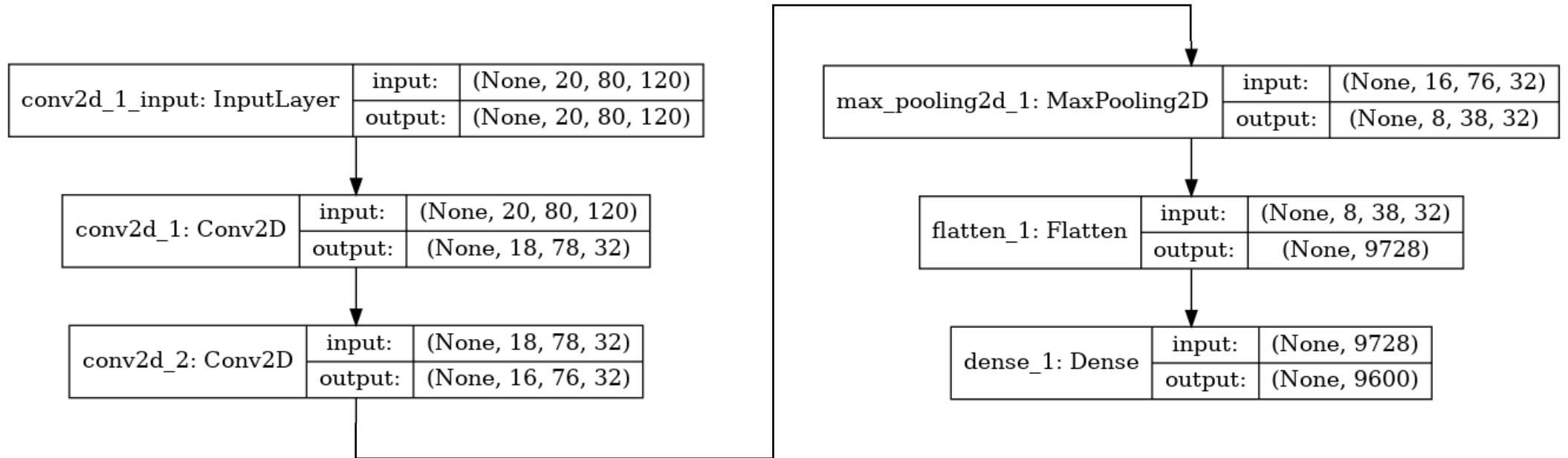
Convolutional LSTM

### ConvLSTM



# 6. Predicción con imágenes crudas

## Estructuras propuestas - CNN

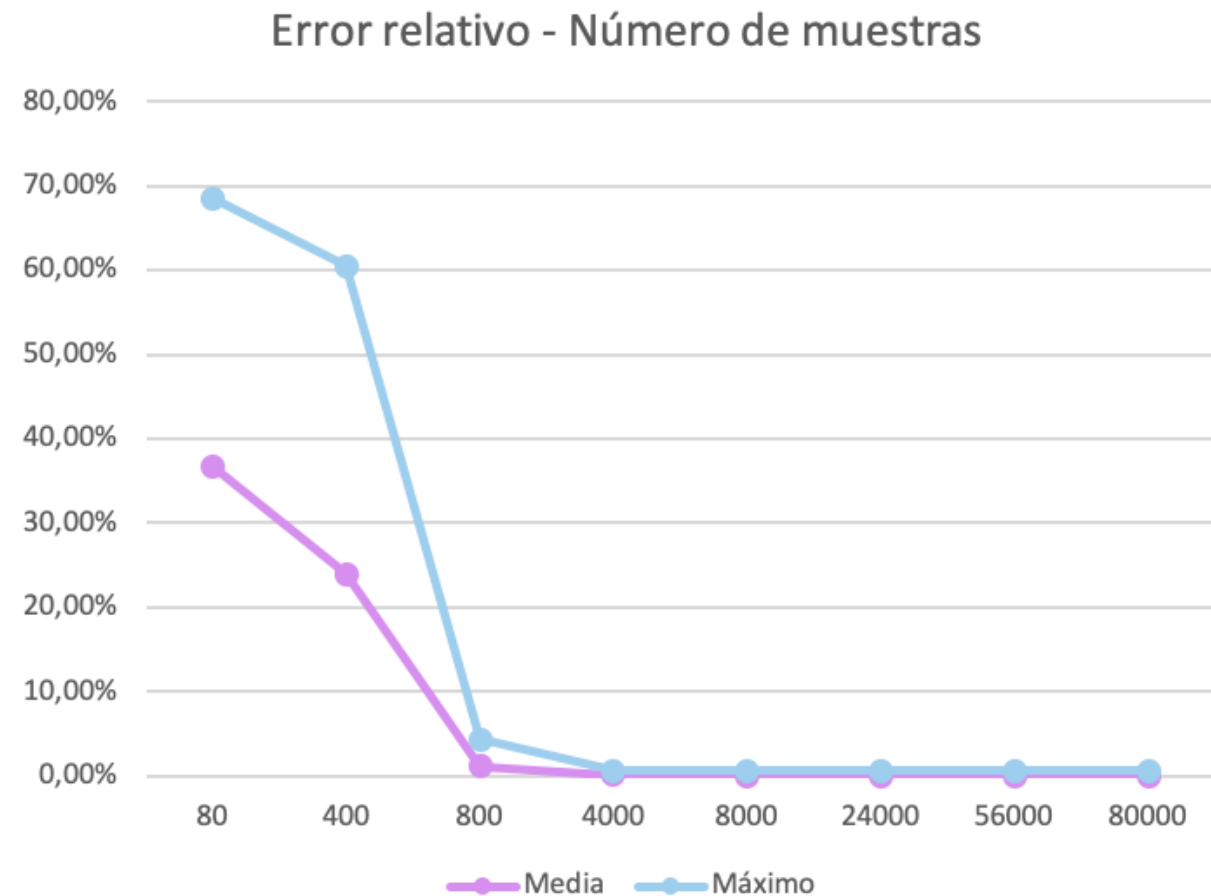


- 2 capas convolucionales con 32 neuronas
- 1 capa de MaxPooling

# 6. Predicción con imágenes crudas

## CNN - Influencia del número de muestras

- Dinámica lineal 1DOF
- Evaluación con 1000 muestras
- Mejora en prestaciones hasta estabilización
- Equilibrio entre número de muestras y complejidad





# 6. Predicción con imágenes crudas

## Resultados - CNN

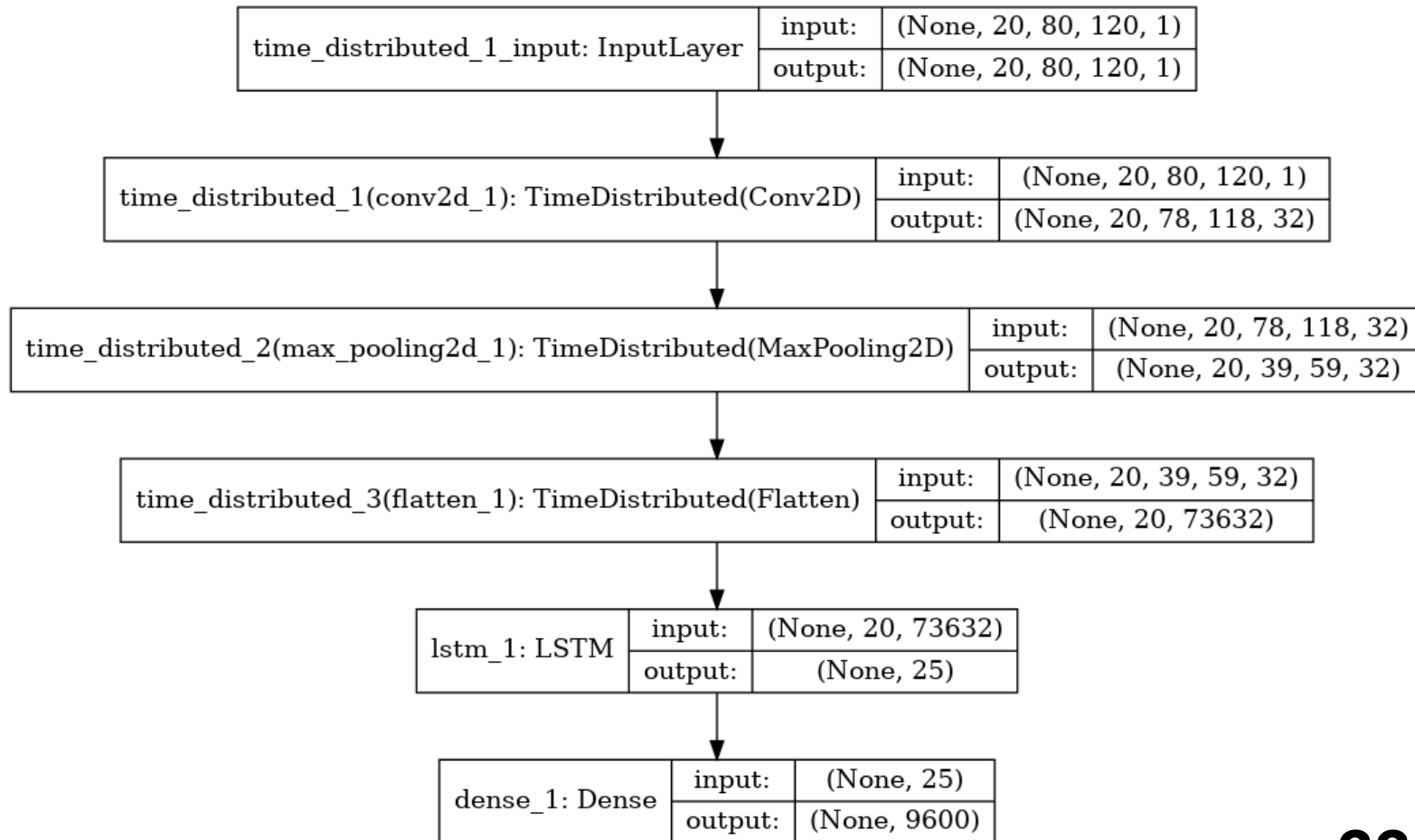
- 10000 muestras de test
- Valores altos de máximo
- Muchos *outliers*

DINÁMICA		MEDIA ERROR RELATIVO
Lineal	1 DOF	0.07 %
	2 DOF	0.39 %
Parabólica	1 DOF	0.01 %
	2 DOF	0.07 %
	3 DOF	4.4 %
Sinusoidal	1 DOF	0.003 %
	2 DOF	1.12 %

# 6. Predicción con imágenes crudas

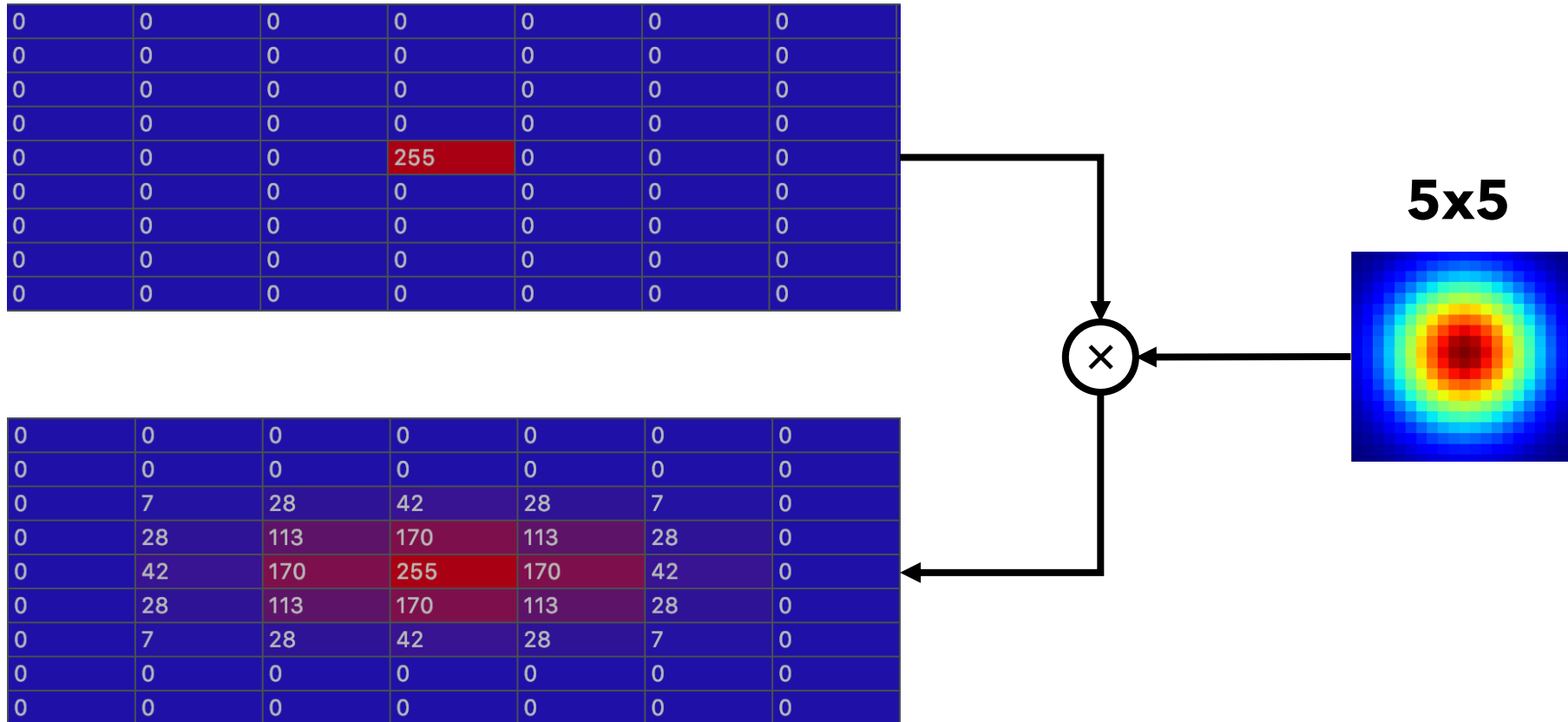
## Estructuras propuestas - CNN + LSTM

- 1 capa convolucional con 32 neuronas
- 1 capa de MaxPooling
- 1 capa LSTM con 25 celdas de memoria



## 6. Predicción con imágenes crudas

CNN+LSTM - Píxel discreto VS extendido



## 6. Predicción con imágenes crudas

### Resultados - CNN+LSTM

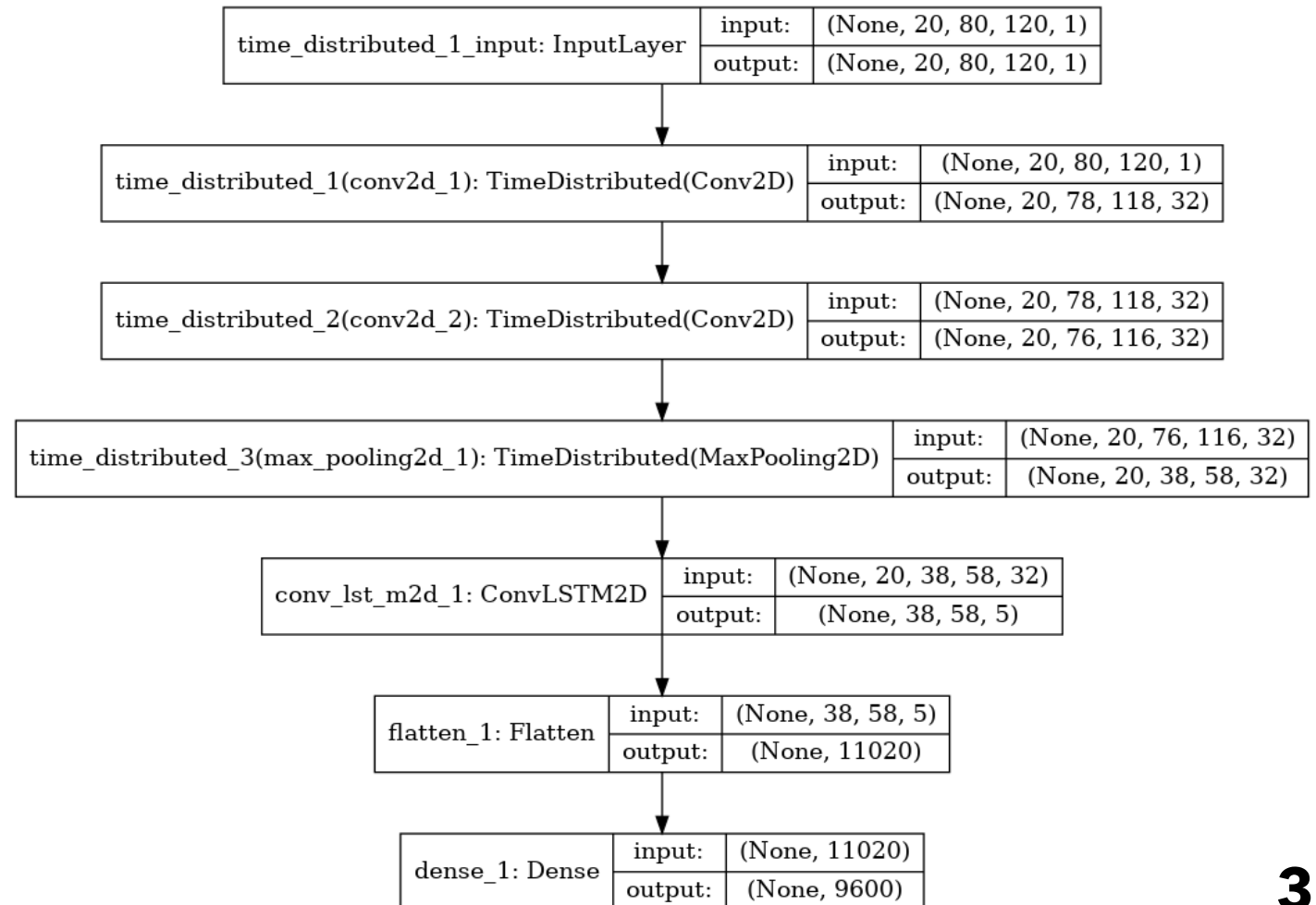
- Dinámica lineal:
  - Pendiente nula
  - Altura inicial del píxel fija
  - 800 entrenamiento; 100 test
- No es una estrategia adecuada
- La expansión del píxel produce mejora

DINÁMICA		CNN	CNN + LSTM
Lineal	Discreto	0.0 %	29.6 %
	Expandido		21.5 %

# 6. Predicción con imágenes crudas

## Estructuras propuestas - ConvLSTM-1

- 2 capas convolucionales con 32 neuronas
- 1 capa de MaxPooling
- 1 capa ConvLSTM con 5 celdas de memoria



## 6. Predicción con imágenes crudas

### Resultados - ConvLSTM-1

- 10000 muestras de test
- Valores altos de máximo
- Muchos *outliers*

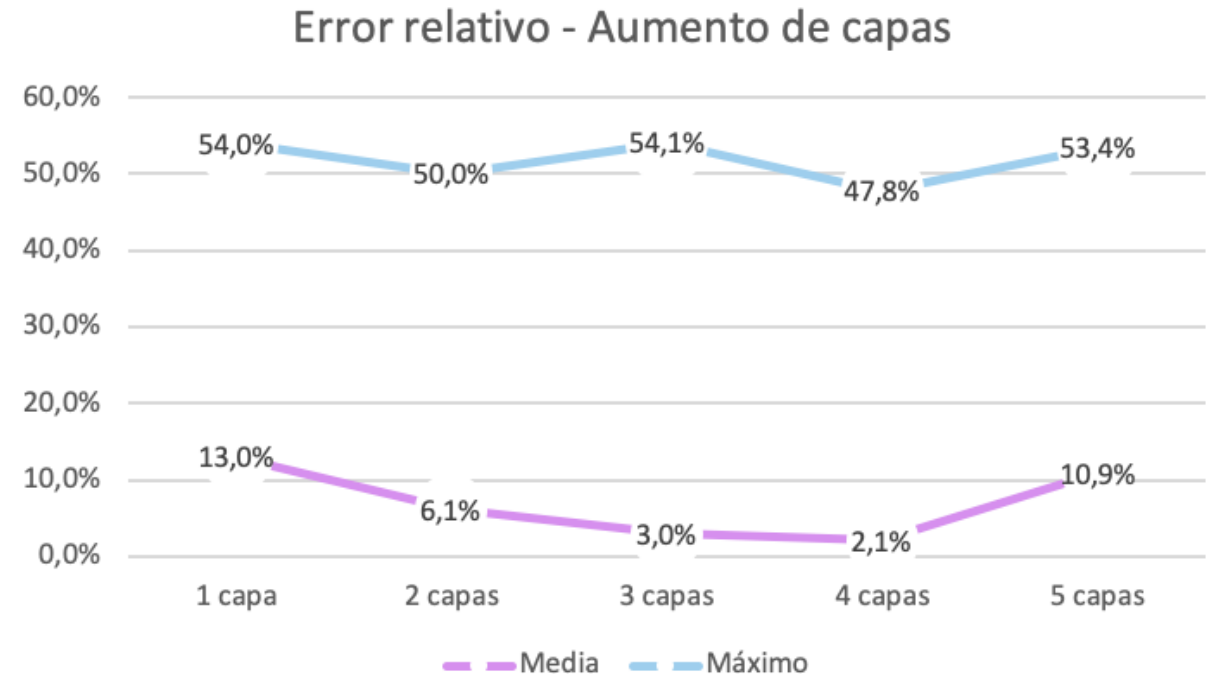
DINÁMICA		MEDIA ERROR RELATIVO
Lineal	1 DOF	0.06 %
	2 DOF	0.29 %
Parabólica	1 DOF	0.01 %
	2 DOF	0.03 %
	3 DOF	3.76%
Sinusoidal	1 DOF	0.01 %
	2 DOF	1.12 %
	3 DOF	3.44 %
	4 DOF	13 %

# 5. Predicción con imágenes modeladas

## ConvLSTM-4 - Aumento de capas

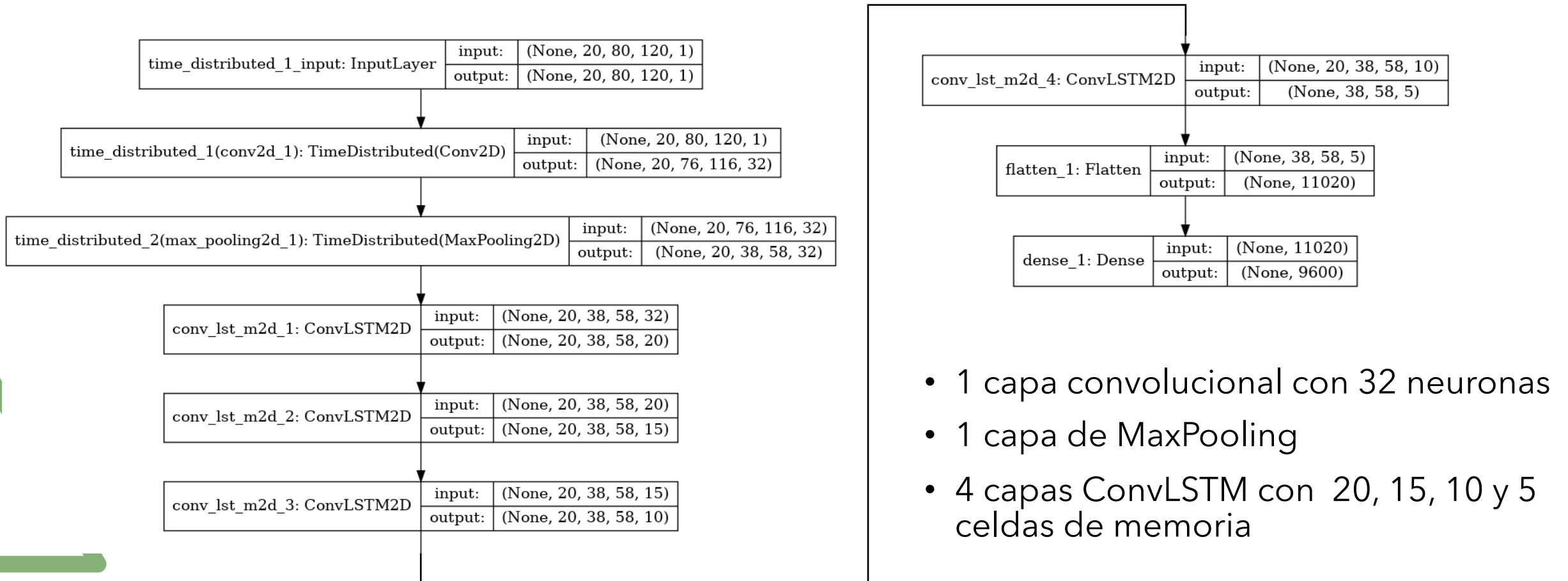
- Mejora las prestaciones
- Límite en 4 capas

- Dinámica sinusoidal 4 DOF
- 80000 muestras entrenamiento
- 10000 muestras test



# 6. Predicción con imágenes crudas

## Estructuras propuestas - ConvLSTM-4





## 6. Predicción con imágenes crudas

### Resultados - ConvLSTM-4

- 10000 muestras de test
- Mejores resultados
- Valores altos de máximo
- Muchos *outliers*

DINÁMICA		MEDIA ERROR RELATIVO
Lineal	2 DOF	0.07 %
Parabólica	3 DOF	0.87 %
Sinusoidal	2 DOF	0.14 %
	3 DOF	0.51 %
	4 DOF	2.06%
Combinada		2.01 %

The background features abstract geometric shapes. A large blue semi-circle occupies the right side. A green circle is in the upper left. A green square outline is on the left. Various green dashed lines and a solid green line are scattered across the white background.

# CONCLUSIONES

## 7. Conclusiones

Se puede predecir.

- Las **imágenes modeladas** son **más sencillas** para las redes que las crudas.
- El número de muestras afecta  $\rightarrow \uparrow$  **Complejidad**  $\uparrow$  **Muestras**
- La **recurrencia mejora** los resultados.
- $\uparrow$  **N° capas**  $\rightarrow \uparrow$  **Prestaciones**
- Uso de redes que capten las **correlaciones espacio-temporales simultáneamente** (ConvLSTM)
- $\uparrow$  **Gap**  $\rightarrow \downarrow$  **Prestaciones**

# 7. Conclusiones

## Líneas futuras

- **Predicción de objetos reales** en movimiento:
  - Mayor tamaño de imagen
  - Distintas formas y tamaños de objeto
  - Dinámicas ruidosas
  - Presencia de aceleración
  - Pérdida de muestras
- Integración en **aplicación real** → Seguimiento



# Enlaces

- Repositorio:  
<https://github.com/RoboticsLabURJC/2017-tfm-nuria-oyaga>
- Bitácora:  
<https://roboticslaburjc.github.io/2017-tfm-nuria-oyaga/>