## Sesión 11

Teorema de Kleene



## Teorema de Kleen

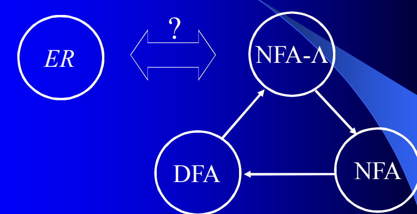
- Un lenguaje $L$ sobre el alfabeto $\Sigma$ es regular (puede expresarse mediante expresiones regulares) si y sólo si existe un FA con alfabeto $\Sigma$ que acepta $L$
  - Parte 1: Si hay una *ER* que denota $L$ entonces hay un FA que acepta a $L$
  - Parte 2: Si hay un FA que acepta a $L$ entonces existe una *ER* que denota a $L$



## La familia de los FAs




## *ER* & FA



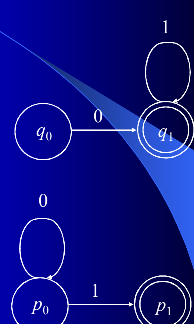

Podemos mostrar la equivalencia usando cualquiera de los tres tipos de FAs, pero una buena elección ayuda!



## Semejanza entre *ER* & NFA-Λ

**$01^*$**

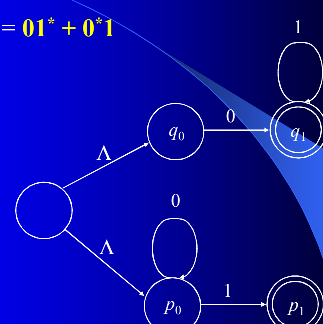
**$0^*1$**






## Semejanza entre *ER* & NFA-Λ

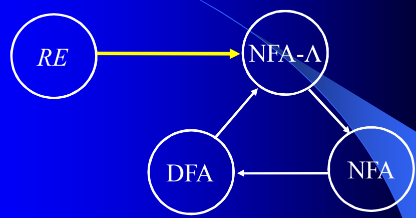
- $L_1 \cup L_2 = \mathbf{01^* + 0^*1}$




**$01^*$**

**$0^*1$**

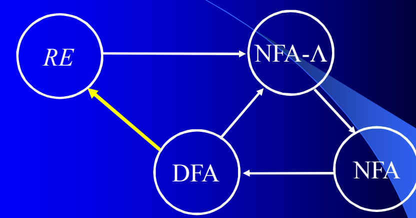
## ¡La estrategia más simple!




Si hay una FA para las partes de una *RE*, podemos componer un FA que corresponde a la *ER* a partir de FAs más simples (utilizando transiciones-Λ)

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## ¡La estrategia más simple!




En esta dirección necesitamos construir una *ER* que tome en cuenta todas las cadenas de cualquier longitud que el FA correspondiente acepta

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

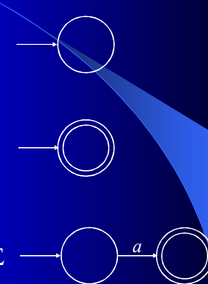
## Prueba del teorema: Parte 1

- Todas las *ER* se construyen a partir de:
  - Φ, Λ & toda símbol $a \in \Sigma$
- ...Y las operaciones de composición
  - *E+F*, *EF* and $E^*$
- Composición de automatas:
  - Definir un FA para las partes básicas
  - Definir la forma de un FA (esquemático) para cada uno de los operadores
  - Construir el FA en paralelo con la *ER* correspondiente

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

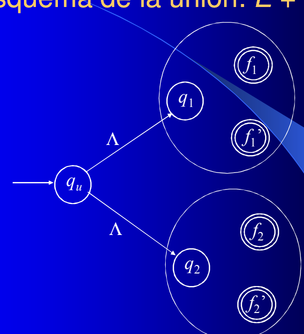
## Prueba del teorema: Parte 1

- Φ
- Λ
- Para todo $a \in \Sigma$



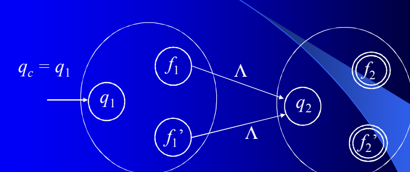

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## El esquema de la unión: *E* + *F*



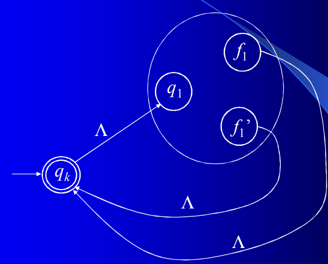

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## El esquema de la concatenación: *EF*




Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## El esquema de la cerradura: $E^*$



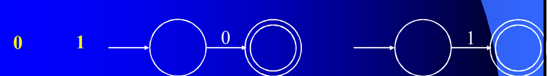

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La construcción

- Con el FA para la *ER* básica
- Con los esquemas de FAs para las operaciones
- Construir un FA compuesto en paralelo con la estructura de la *ER*!
- Por ejemplo: Construir el FA que corresponde a la *ER* **(01)**$^*$ + **(10)**$^*$

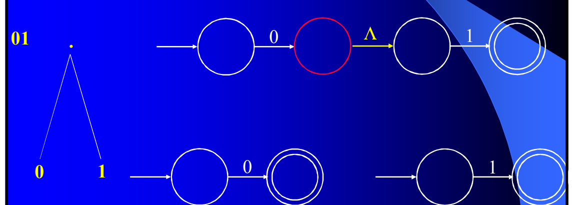
Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## El FA para **(01)**$^*$



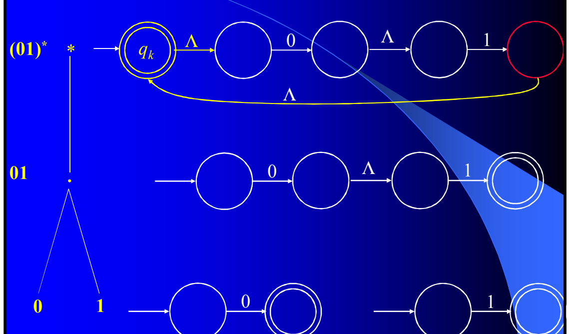

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## El FA para **(01)**$^*$



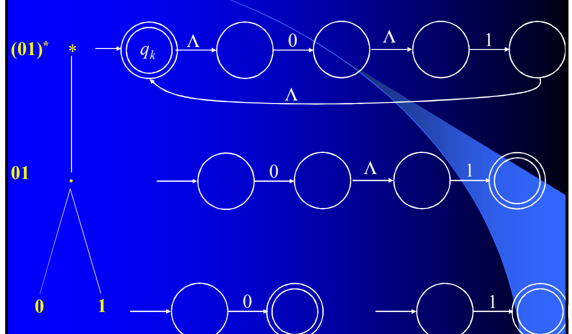

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Ejemplo: El FA para **(01)**$^*$

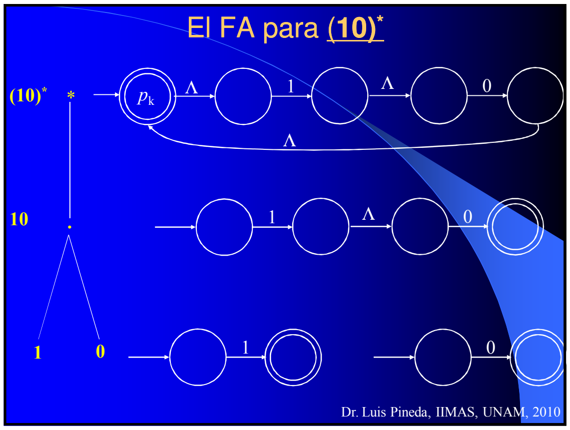


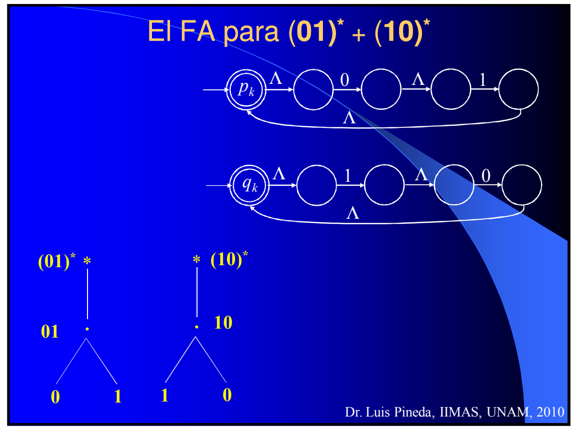

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

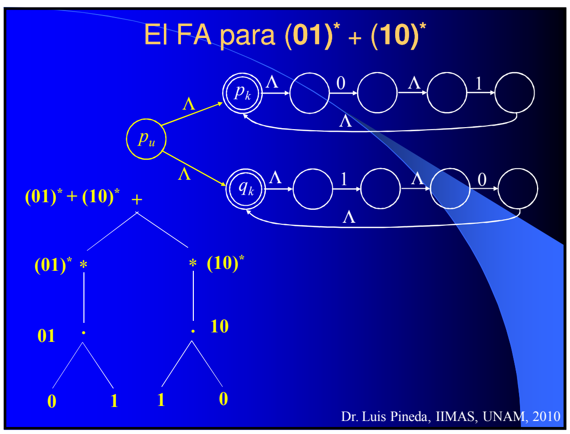
## Ejemplo: El FA para **(01)**$^*$




Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010




## Teorema de Kleene

✓Parte 1: Si hay una expresión regular *ER* que expresa el lenguaje *L* entonce hay un FA que acepta a *L*

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Teorema de Kleene

✓Parte 1: Si hay una expresión regular *ER* que expresa el lenguaje *L* entonce hay un FA que acepta a *L*

- Parte 2: Si hay un FA que acepta a *L* entonces hay una *ER* que expresa a *L*

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Los conjuntos aceptados por un FA

- Sea $L \subseteq \Sigma^*$ el lenguaje aceptado por el FA
  $M = (Q, \Sigma, q_0, A, \delta)$.
- esto es:
  $L = \{x \in \Sigma^* \mid \delta^*(q_0, x) \in A\}$
- Si $A = \{q_i, \ldots, q_j\}$ entonces $L$ es la unión de un número finito de conjuntos de forma (uno por cada estado aceptor):
  $L = \{x \in \Sigma^* \mid \delta^*(q_0, x) = q \;\&\; q \in A\}$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Los conjuntos aceptados por un FA

- Consecuentemente, existe una *ER* que denota a cada uno de estos conjuntos!
- También, si $p$ & $q$ son estados de un FA, existe una *ER* para el conjunto:

$$L(p, q) = \{x \in \Sigma^* \mid \delta^*(p, x) = q\}$$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Los conjuntos aceptados por un FA

- La *ER* que corresponde al FA es:
  - La unión de las *ER*

    $$L(q_0, q) = \{x \in \Sigma^* \mid \delta^*(q_0, x) = q\}$$

    para todo $q \in A = \{q_i,\ldots,q_j\}$
- Para encontrar la *ER* que corresponde a este conjunto, construimos una *ER* para cada uno de los lenguajes reconocidos en todas las trayectorias de forma:

$$L(p, q) = \{x \in \Sigma^* \mid \delta^*(p, x) = q\}$$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Trayectoria a través de un estado

- Asignamos un número natural $n$ a cada estado del FA
- La cadena $x \in \Sigma^*$ representa una trayectoria del estado $p$ al estado $q$ a través del estado $s$ si existen cadenas no-vacías $y$ & $z$ tales que:
  - $x = yz$ $\quad\quad \delta^*(p, y) = s \quad\quad \delta^*(s, z) = q$

$$p \xrightarrow{y} s \xrightarrow{z} q$$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Trayectoria a través de un estado

- Una trayectoria puede ir desde o hasta un estado sin pasar a través de él:

$$p \xrightarrow{y} q$$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Trayectoria a través de un estado

- Sea $L(p, q, j)$ donde $j \geq 0$ el lenguaje de todas las trayectorias que pasan a través de un estado cuyo número no es mayor que $j$
- Hay $n$ estados, por lo tanto:

$$L(p, q, n) = L(p, q)$$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Prueba de que $L(p, q)$ es regular

- La inducción:
  - El lenguaje $L(p, q, n)$ es regular si $L(p, q, j)$ es regular, para todo $j$ tal que $0 \leq j \leq n$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Prueba de que $L(p, q)$ es regular

- La base inductiva:
  - Para todo $p$ & $q$, $L(p, q, 0)$ es regular
  - Estos es, los lenguajes de todas las trayectoria que no pasan a través de ningún estado en el FA son regulares:

    $L(p, q, 0) \subseteq \Sigma \cup \{\Lambda\}$
  - El número de estados es finito, por lo tanto, el lenguaje $L(p, q, 0)$, para todo $p$ & $q$, es regular: el número de trayectorías que no pasan a través de ningún estado es también finito!

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Prueba de que $L(p, q)$ es regular

- La hipótesis de inducción:
  - $0 \leq k$
  - Si para todo $p$ & $q$ tales que $1 \leq p$ & $q \leq n$ el lenguaje $L(p, q, k)$ es regular
  - queremos mostrar que $L(p, q, k+1)$ es regular

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Prueba de que $L(p, q)$ es regular

- Una cadena $x$ está en $L(p, q, k+1)$ si $x$ representa la trayectoria de $p$ a $q$ que pasa a través de un estado no mayor que $k + 1$
- Esto puede ocurrir de dos formas:
  - Caso 1: La cadena no pasa a través del estado $k + 1$, por lo que no pasa por ningún estado mayor que $k$, entonces

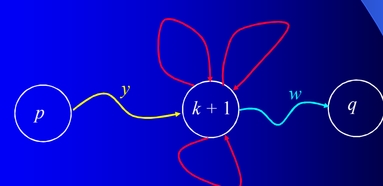
    $x \in L(p, q, k)$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Prueba de que $L(p, q)$ es regular

- Caso 2: La cadena pasa por el estado $k + 1$, pero no por ningún estado cuyo número es mayor que $k + 1$:

  $x = yzw$

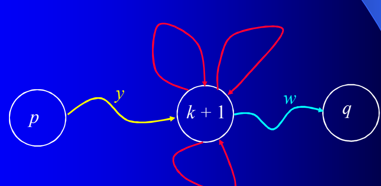



Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Prueba de que $L(p, q)$ es regular

- $x = yzw$
  - $y \in L(p, k+1, k)$ Llega al estado $k + 1$
  - $z \in L(k+1, k+1, k)^*$ pasa por $k + 1$ una o más veces
  - $w \in L(k+1, q, k)$ va del estado $k + 1$ al estado $q$
- $x$ se construye con la concatenación y la cerradura:

  $x \in L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$




Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Los dos casos

- Caso 1:
  - $x \in L(p, q, k)$
- Caso 2:
  - $x \in L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$
- Entonces:

  $L(p, q, k+1) =$

  $L(p, q, k) \cup$

  $L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Los dos casos

- $L(p, q, k+1)$ se construye con:
  - Unión
  - Concatenación
  - Cerradura
- Por lo tanto $L(p, q, k+1)$ es regular!

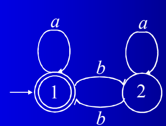
Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Y…?

- La prueba es constructiva: nos da un algoritmo para encontrar la *ER* que corresponde a un FA:
- $L(p, q, 0) = \begin{cases} \{a \in \Sigma \mid \delta(p, a) = q\} & \text{si } p \neq q \\ \{a \in \Sigma \mid \delta(p, a) = q\} \cup \{\Lambda\} & \text{si } p = q \end{cases}$
- $L(p, q, k+1) =$
  $L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^{*}L(k+1, q, k)$
- $L(p, q, n) = L(p, q)$ & $L = \bigcup_{q \in A} L(q_0, q)$

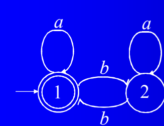
Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La *ER* que corresponde a un FA




Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La *ER* que corresponde a un FA



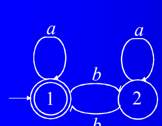

$\Longleftrightarrow$

**$(a^{*}ba^{*}ba^{*})^{*}$ ?**
**$a^{*} + (ba^{*}ba^{*})^{*}$ ?**
**$a^{*} + (a^{*}ba^{*}b)^{*}$ ?**

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## El caso base: $r(p,q,0)$

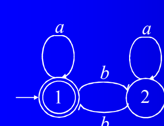
$$L(p, q, 0) = \begin{cases} \{a \in \Sigma \mid \delta(p, a) = q\} & \text{si } p \neq q \\ \{a \in \Sigma \mid \delta(p, a) = q\} \cup \{\Lambda\} & \text{si } p = q \end{cases}$$




| $p$ | $r(p,1,0)$ | $r(p,2,0)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a + \Lambda$ | $b$ |
| 2 | $b$ | $a + \Lambda$ |

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q,k + 1)$

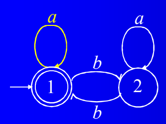



| $p$ | $r(p,1,k+1)$ | $r(p,2,k+1)$ |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |

$L(p, q, k+1) =$
$L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^{*}L(k+1, q, k)$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q,1)$




| $p$ | $r(p,1,1)$ | $r(p,2,1)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a^*$ | |
| 2 | | |

$L(p, q, k+1) =$

$\quad L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

$k = 0, k+1 = 1$

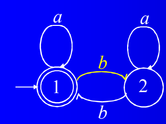
$L(1, 1, 1) = L(1, 1, 0) \cup L(1, 1, 0)L(1, 1, 0)^*L(1, 1, 0)$

$\quad = (a+\Lambda) + (a+\Lambda)(a+\Lambda)^*(a+\Lambda)$

$\quad = a^*$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q,1)$




| $p$ | $r(p,1,1)$ | $r(p,2,1)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a^*$ | $b + a^*b$ |
| 2 | | |

$L(p, q, k+1) =$

$\quad L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

$k = 0, k+1 = 1$

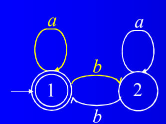
$L(1, 2, 1) = L(1, 2, 0) \cup L(1, 1, 0)L(1, 1, 0)^*L(1, 2, 0)$

$\quad = b + (a+\Lambda)(a+\Lambda)^*b$

$\quad = b + a^*b$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q,1)$




| $p$ | $r(p,1,1)$ | $r(p,2,1)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a^*$ | $b + a^*b$ |
| 2 | | |

$L(p, q, k+1) =$

$\quad L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

$k = 0, k+1 = 1$

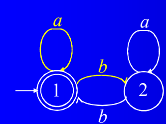
$L(1, 2, 1) = L(1, 2, 0) \cup L(1, 1, 0)L(1, 1, 0)^*L(1, 2, 0)$

$\quad = b + (a+\Lambda)(a+\Lambda)^*b$

$\quad = b + a^*b$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## Simplificando…




| $p$ | $r(p,1,1)$ | $r(p,2,1)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a^*$ | $a^*b$ |
| 2 | | |

$L(p, q, k+1) =$

$\quad L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

$k = 0, k+1 = 1$

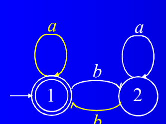
$L(1, 2, 1) = L(1, 2, 0) \cup L(1, 1, 0)L(1, 1, 0)^*L(1, 2, 0)$

$\quad = b + (a+\Lambda)(a+\Lambda)^*b$

$\quad = b + a^*b = a^*b$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q,1)$




| $p$ | $r(p,1,1)$ | $r(p,2,1)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a^*$ | $a^*b$ |
| 2 | $ba^*$ | |

$L(p, q, k+1) =$

$\quad L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

$k = 0, k+1 = 1$

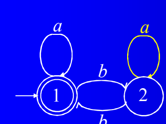
$L(2, 1, 1) = L(2, 1, 0) \cup L(2, 1, 0)L(1, 1, 0)^*L(1, 1, 0)$

$\quad = b + b(a+\Lambda)^*(a+\Lambda)$

$\quad = b + ba^* = ba^*$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q,1)$




| $p$ | $r(p,1,1)$ | $r(p,2,1)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a^*$ | $a^*b$ |
| 2 | $ba^*$ | $\Lambda+a+ba^*b$ |

$L(p, q, k+1) =$

$\quad L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

$k = 0, k+1 = 1$

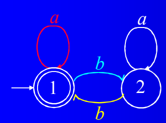
$L(2, 2, 1) = L(2, 2, 0) \cup L(2, 1, 0)L(1, 1, 0)^*L(1, 2, 0)$

$\quad = (a+\Lambda) + b(a+\Lambda)^*b$

$\quad = a + \Lambda + ba^*b$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q,1)$




| $p$ | $r(p,1,1)$ | $r(p,2,1)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a^*$ | $a^*b$ |
| 2 | $ba^*$ | $\Lambda+a+ba^*b$ |

$L(p, q, k+1) =$
$\quad L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

$k = 0, k+1 = 1$
$L(2, 2, 1) = L(2, 2, 0) \cup L(2, 1, 0)L(1, 1, 0)^*L(1, 2, 0)$
$\quad = (a + \Lambda) + b(a + \Lambda)^*b$
$\quad = a + \Lambda + ba^*b$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q,2)$

| $p$ | $r(p,1,1)$ | $r(p,2,1)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a^*$ | $a^*b$ |
| 2 | $ba^*$ | $\Lambda+a+ba^*b$ |

| $p$ | $r(p,1,2)$ | $r(p,2,2)$ |
|---|---|---|
| 1 | $RE_{11\text{-}2}$ | |
| 2 | | |

$L(p, q, k+1) =$
$\quad L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

$k = 1, k+1 = 2$
$L(1, 1, 2) = L(1, 1, 1) \cup L(1, 2, 1)L(2, 2, 1)^*L(2, 1, 1)$
$\quad = a^* + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$
$\quad = RE_{11\text{-}2}$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q,2)$

| $p$ | $r(p,1,1)$ | $r(p,2,1)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a^*$ | $a^*b$ |
| 2 | $ba^*$ | $\Lambda+a+ba^*b$ |

| $p$ | $r(p,1,2)$ | $r(p,2,2)$ |
|---|---|---|
| 1 | $RE_{11\text{-}2}$ | $RE_{12\text{-}2}$ |
| 2 | | |

$L(p, q, k+1) =$
$\quad L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

$k = 1, k+1 = 2$
$L(1, 2, 2) = L(1, 2, 1) \cup L(1, 2, 1)L(2, 2, 1)^*L(2, 2, 1)$
$\quad = a^*b + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(\Lambda + a + ba^*b)$
$\quad = RE_{12\text{-}2}$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q,2)$

| $p$ | $r(p,1,1)$ | $r(p,2,1)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a^*$ | $a^*b$ |
| 2 | $ba^*$ | $\Lambda+a+ba^*b$ |

| $p$ | $r(p,1,2)$ | $r(p,2,2)$ |
|---|---|---|
| 1 | $RE_{11\text{-}2}$ | $RE_{12\text{-}2}$ |
| 2 | $RE_{21\text{-}2}$ | |

$L(p, q, k+1) =$
$\quad L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

$k = 1, k+1 = 2$
$L(2, 1, 2) = L(2, 1, 1) \cup L(2, 2, 1)L(2, 2, 1)^*L(2, 1, 1)$
$\quad = ba^* + (\Lambda + a + ba^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$
$\quad = RE_{21\text{-}2}$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q,2)$

| $p$ | $r(p,1,1)$ | $r(p,2,1)$ |
|---|---|---|
| 1 | $a^*$ | $a^*b$ |
| 2 | $ba^*$ | $\Lambda+a+ba^*b$ |

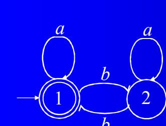
| $p$ | $r(p,1,2)$ | $r(p,2,2)$ |
|---|---|---|
| 1 | $RE_{11\text{-}2}$ | $RE_{12\text{-}2}$ |
| 2 | $RE_{21\text{-}2}$ | $RE_{22\text{-}2}$ |

$L(p, q, k+1) =$
$\quad L(p, q, k) \cup L(p, k+1, k)L(k+1, k+1, k)^*L(k+1, q, k)$

$k = 1, k+1 = 2$
$L(2, 2, 2) = L(2, 2, 1) \cup L(2, 2, 1)L(2, 2, 1)^*L(2, 2, 1)$
$\quad = (\Lambda + a + ba^*b) +$
$\quad (\Lambda + a + ba^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(\Lambda + a + ba^*b)$
$\quad = RE_{22\text{-}2}$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q)$




| $p$ | $r(p,1,2)$ | $r(p,2,2)$ |
|---|---|---|
| 1 | $RE_{11\text{-}2}$ | $RE_{12\text{-}2}$ |
| 2 | $RE_{21\text{-}2}$ | $RE_{22\text{-}2}$ |

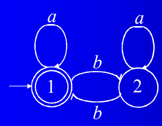
Condición final de la inducción: $L(p, q, n) = L(p, q)$ &

$$L = \bigcup_{q \in A} L(q_0, q)$$

$L(1, 1, 2) = L(1, 1, 1) \cup L(1, 2, 1)L(2, 2, 1)^*L(2, 1, 1)$
$\quad = a^* + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

## La inducción: $r(p,q)$




$(a^*ba^*ba^*)^*$ ?

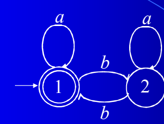
$(a^* + ba^*ba^*)^*$ !

$(a^* + a^*ba^*b)^*$ !

$$L(1, 1, 2) = a^* + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

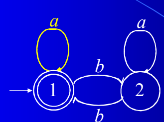
## La inducción: $r(p,q)$




$$L(1, 1, 2) = a^* + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

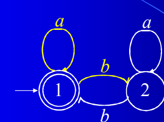
## La inducción: $r(p,q)$




$$L(1, 1, 2) = a^* + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

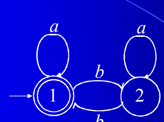
## La inducción: $r(p,q)$




$$L(1, 1, 2) = a^* + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

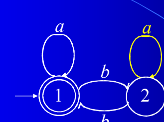
## La inducción: $r(p,q)$




$$L(1, 1, 2) = a^* + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

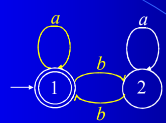
## La inducción: $r(p,q)$




$$L(1, 1, 2) = a^* + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$$

Dr. Luis Pineda, IIMAS, UNAM, 2010

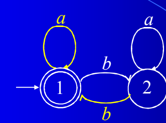
## La inducción: $r(p,q)$




$L(1, 1, 2) = a^* + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$



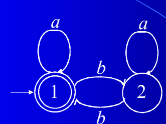
## La inducción: $r(p,q)$




$L(1, 1, 2) = a^* + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$



## La inducción: $r(p,q)$




$L(1, 1, 2) = a^* + (a^*b)(\Lambda + a + ba^*b)^*(ba^*)$

La expresión que mejor refleja la estructura interna del FA



## Teorema de Kleene

- ✓Parte 1: Si hay una expresión regular *ER* que expresa el lenguaje *L* entonce hay un FA que acepta a *L*
- ✓Parte 2: Si hay un FA que acepta a *L* entonces existe una *ER* que denota a *L*



## Teorema de Kleene