Concurrencia Estructurada en Java 25

De vuelta a la simplicidad sin sacrificar performance

Andrés Alcarraz

Peru JUG - JConf Perú 2025

3 de diciembre de 2025

¿Sobre mí?

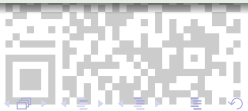
- Uruguayo
- Ingeniero Eléctrico e Ingeniero de Sistemas por la Universidad de la República del Uruguay
- Staff Software Engineer en Cabal Uruguay S.A.
- Más de 25 años desarrollando en Java
- Redes sociales:
  - alcarraz@gmail.com
  - linkedin.com/in/andresalcarraz
  - X/andresalcarraz
  - github.com/alcarraz
  - stackoverflow/3444205

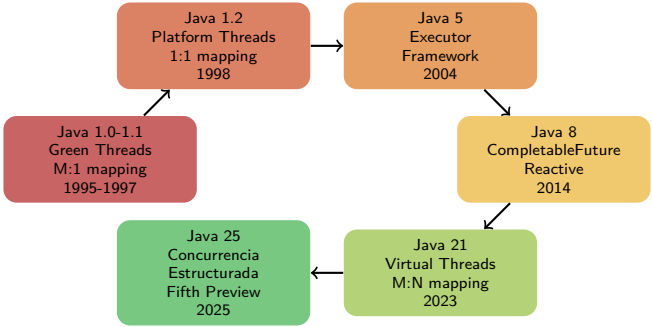
Agenda

¿Y si pudiéramos escribir código bloqueante simple
que supera al código reactivo complejo?

La Promesa de Java 25

- Código que **lee como se ejecuta**
- Performance **igual o mejor** que reactive
- Sin callbacks.
- **De vuelta a la simplicidad**

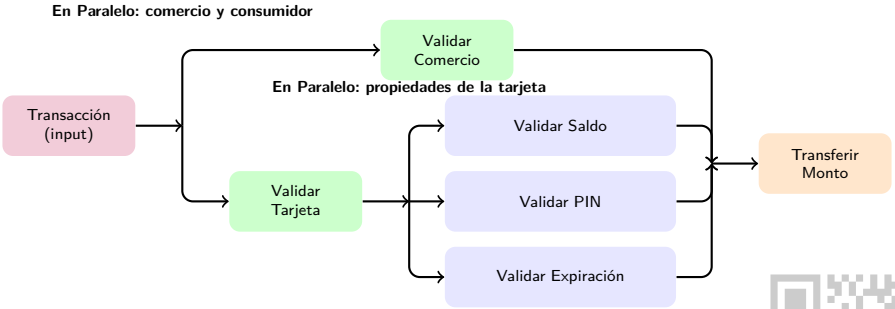




Estado en Java 25

- Virtual Threads: **Estable** (desde Java 21)
- Scoped Values: **Estable** desde Java 25 [**JEP506**]
- Concurrencia Estructurada: **Quinta Preview** en Java 25 [**JEP505**]

Flujo ficticio



Flujo Optimizado

1. En paralelo: validar comercio y consumidor (tarjeta)
2. Validaciones paralelas de tarjeta (saldo, PIN, expiración)
3. Transferir sólo si todas las validaciones pasan

Agenda

```java
public CompletableFuture<TransactionResult> processTransaction(TransactionRequest request) {
    // PATH A: Merchant validation
    CompletableFuture<ValidationResult> merchantValidation =
        CompletableFuture.supplyAsync(() -> merchantValidationService.validate(request));
    // PATH B: Consumer validation (card → nested parallel validations)
    CompletableFuture<ValidationResult> consumerValidation =
        CompletableFuture.supplyAsync(() -> {
            ValidationResult cardResult = cardValidationService.validate(request);
            if (!cardResult.success()) return cardResult;
            var validations = cardValidations.stream()  // Nested parallel: balance, PIN, expiration
                .map(s -> CompletableFuture.supplyAsync(() -> s.validate(request)))
                .toList();
            CompletableFuture.allOf(validations.toArray(new CompletableFuture[0])).join();
        });
    // Process results and perform transfer if approved
    return CompletableFuture.allOf(merchantValidation, consumerValidation).thenCompose(_ -> {
            Stream.of(merchantValidation, consumerValidation).map(CompletableFuture::join)
                .filter(r -> !r.success()).findFirst()
                .map(failure -> { balanceService.releaseAmount(request);
                    return CompletableFuture.completedFuture( TransactionResult.failure(...));
                }).orElseGet(() -> CompletableFuture.runAsync(
                        () -> balanceService.transfer(request))
                ).thenApply(_ -> TransactionResult.success(...));
        });
}
```

Problemas del Enfoque Reactivo

Complejidad Innecesaria

- **Callback Hell:** Lógica anidada difícil de seguir
- **Manejo de Errores:** Excepciones complejas con `CompletionException`
- **Manejo de recursos:** Difícil garantizar cleanup
- **Depuración:** Stack traces confusos
- **Carga cognitiva:** Alto costo mental para leer/mantener

Resultado

- Rendimiento: Ejecución paralela
- Legibilidad: Código complejo
- Mantenibilidad: Lógica de negocio mezclada con la lógica de control.
- Testing: Complicado de probar

Probemos el approach reactivo

```
curl -X POST http://localhost:8080/api/reactive/basic \
  -H "Content-Type: application/json" \
  -d '{
    "cardNumber": "1234-5678-9012-3456",
    "expirationDate": "2512",
    "pin": "1234",
    "amount": 100.00,
    "merchant": "Demo Store"
  }'
```

Respuesta esperada

```
{
  "success": true,
  "transactionId": "uuid-here",
  "amount": 100.00,
  "message": "Transaction processed successfully",
  "processingTimeMs": 520
}
```

Observa

Funciona... pero el código es complejo. ¿Hay una mejor forma?

Agenda

```java
public TransactionResult processTransaction(TransactionRequest request) throws InterruptedException {
    try (var globalScope = StructuredTaskScope.open(Joiner.allSuccessfulOrThrow())) {
        // PATH A: Merchant validation
        globalScope.fork(() -> merchantValidationService.validate(request));
        // PATH B: Consumer validation (card → nested parallel validations)
        globalScope.fork(() -> {
            ValidationResult cardResult = cardValidationService.validate(request);
            if (!cardResult.success()) return cardResult;
            // Nested parallel: balance, PIN, expiration
            try (var consumerScope = StructuredTaskScope.open(Joiner.allSuccessfulOrThrow())) {
                cardValidations.forEach(s -> consumerScope.fork(() -> s.validate(request)));
                return consumerScope.join().map(Subtask::get)
                    .filter(r -> !r.success()).findFirst().orElse(SUCCESS);
            }
        });

        // Process results and perform transfer if approved
        return globalScope.join().map(Subtask::get).filter(r -> !r.success()).findFirst()
            .map(failure -> { balanceService.releaseAmount(request);
                              return TransactionResult.failure( ...); })
            .orElseGet(() -> { balanceService.transfer(request);
                               return TransactionResult.success(...); });
    }
}
```

Simplicidad y Poder

- **Código Legible:** Se lee como se ejecuta.
- **Manejo de errores simple:** Excepciones tradicionales.
- **Manejo de recursos:** Try-with-resources automático.
- **Depuración:** Stack traces normales.
- **Rendimiento:** Misma ejecución paralela.

Principios Clave

- **Ciclo de vida estructurado:** Tareas anidadas mueren con el alcance.
- **Fallar tempranamente por defecto:** `open()` cancela automáticamente si una tarea falla.
- **Opcionalmente, esperar por todos:** `open(awaitAll())` para recopilar todos los resultados.
- **Observabilidad:** Mejor monitoreo y depuración, volcado estructurado de hilos.

Probemos Structured Concurrency

```
curl -X POST http://localhost:8080/api/structured/normal \
  -H "Content-Type: application/json" \
  -d '{
    "cardNumber": "1234-5678-9012-3456",
    "expirationDate": "2512",
    "pin": "1234",
    "amount": 100.00,
    "merchant": "Demo Store"
  }'
```

Respuesta esperada

```
{
  "success": true,
  "transactionId": "uuid-here",
  "amount": 100.00,
  "message": "Transaction processed successfully",
  "processingTimeMs": 520
}
```

¡Mismo performance, código más simple!

Sin callbacks, código que lee como se ejecuta.

Agenda

¿Qué pasa cuando una validación falla antes de que las otras terminen de ejecutar?

Reactive Basic: Sin fail-fast

- `allOf()` espera que TODAS las tareas terminen
- Sin cancelación → desperdicio de recursos
- 570ms incluso si falla en 200ms

Reactive "Fixed": Fail-fast manual

- Se puede lograr... pero requiere lógica compleja
- `failFast.completeExceptionally()` + coordinación manual
- 150+ líneas, propenso a race conditions

Structured: Fail-fast automático

- `StructuredTaskScope.open()` = fail-fast por defecto

Reactive Basic (sin fail-fast)

```
public CompletableFuture<TransactionResult> processTransaction(TransactionRequest request) {
    return CompletableFuture
        .supplyAsync(() -> cardValidationService.validate(request.cardNumber()))
        .thenCompose(cardResult -> {
            if (!cardResult.success())
                return CompletableFuture.completedFuture(TransactionResult.failure(xxx));

            var balanceValidation = CompletableFuture.supplyAsync(() ->
                balanceService.validate(request.cardNumber(), request.amount()));
            var pinValidation = CompletableFuture.supplyAsync(() ->
                pinValidationService.validate(request.cardNumber(), request.pin()));
            var expirationValidation = CompletableFuture.supplyAsync(() ->
                expirationService.validate(request.expirationDate()));

            // allOf() ESPERA TODAS - sin cancelación
            return CompletableFuture.allOf(balanceValidation, pinValidation, expirationValidation)
                .thenCompose(_ -> {
                    List<ValidationResult> results = List.of(
                        balanceValidation.join(), pinValidation.join(), expirationValidation.join());

                    Optional<ValidationResult> failure =
                        results.stream().filter(r -> !r.success()).findFirst();
                    if (failure.isPresent()) {
                        balanceService.releaseAmount(request);  // Rollback manual
                        return CompletableFuture.completedFuture(
                            TransactionResult.failure(failure.get().message()));
                    }
                    return CompletableFuture.supplyAsync(() ->
                        balanceService.transfer(request));
```

Structured Fail-Fast (automático)

```
// FAIL-FAST: Cancela automáticamente al primer fallo
public TransactionResult processTransaction(TransactionRequest request)
        throws InterruptedException {
    ValidationResult cardResult = cardValidationService.validate(request.cardNumber());
    if (!cardResult.success())
        return TransactionResult.failure(cardResult.message());

    try (var scope = StructuredTaskScope.open()) {  // open() sin joiner = fail-fast!
        var balanceTask = scope.fork(() -> {
            ValidationResult result = balanceService.validate(
                request.cardNumber(), request.amount());
            if (!result.success())
                throw new RuntimeException(result.message());
            return result;
        });
        var pinTask = scope.fork(() -> { /* similar */ });
        var expirationTask = scope.fork(() -> { /* similar */ });
```

Probemos fail-fast con REST API

```
# Escenario: Tarjeta expirada (falla en 200ms)
curl -X POST http://localhost:8080/api/compare \
  -H "Content-Type: application/json" \
  -d '{
    "cardNumber": "1111-2222-3333-4444",
    "expirationDate": "2020",
    "pin": "1234",
    "amount": 50.00,
    "merchant": "Test Store"
  }'
```

Resultado Esperado

- **Reactive Basic**: 570ms (esperó todas las validaciones)
- **Structured Fail-Fast**: 230ms (canceló inmediatamente)
- **Mejora**: **60 % más rápido!**

Balance Locking

Impacto en la Experiencia de Usuario

- **Falla rápido**: Reporta errores inmediato, mejor UX
- **Menor latencia**: 60 % más rápido en casos de error
- **Feedback claro**: Usuario no espera innecesariamente

Impacto en Recursos y Costos

- **Eficiencia**: Cancela trabajo innecesario automáticamente
- **Ahorro de CPU**: No procesa validaciones que no se usarán
- **Resource safety**: Balance locks liberados automáticamente
- **Menor carga**: Sistema responde más rápido en picos de errores

Esto es Arquitectural, No Solo Performance

Fail-fast cambia cómo diseñamos sistemas: de .ºptimista y costoso.ª "pragmático y eficiente"

Agenda

Joiners Incluidos en Java 25

- `allSuccessfulOrThrow()` - Fail-fast (por defecto con `open()`)
- `awaitAll()` - Espera todas las tareas
- `anySuccessfulResultOrThrow()` - Primera tarea exitosa
- `allUntil(Instant)` - Todas las tareas hasta deadline

```
// Custom Joiner: Recoger solo N primeros resultados
try (var scope = StructuredTaskScope.open(
        Joiner.first(3))) {  // Espera primeros 3

    for (int i = 0; i < 10; i++) {
        scope.fork(() -> fetchData(i));
    }

    scope.join();  // Retorna cuando hay 3 exitosos
    List<Result> first3 = scope.results();
}
```

```java
try (var outerScope = StructuredTaskScope.open()) {
    var userData = outerScope.fork(() -> {
        // Inner scope para validaciones paralelas del usuario
        try (var userScope = StructuredTaskScope.open()) {
            var profile = userScope.fork(() -> fetchProfile(userId));
            var preferences = userScope.fork(() -> fetchPreferences(userId));

            userScope.join();
            return new UserData(profile.get(), preferences.get());
        }
    });
    var orderData = outerScope.fork(() -> fetchOrders(userId));
    outerScope.join();
    return combine(userData.get(), orderData.get());
}
```


Ventaja

Cancela automáticamente TODOS los scopes anidados si falla el padre

```java
// Timeout con Instant deadline
Instant deadline = Instant.now().plus(Duration.ofSeconds(5));

try (var scope = StructuredTaskScope.open(
        Joiner.allUntil(deadline))) {

    var result1 = scope.fork(() -> slowOperation1());
    var result2 = scope.fork(() -> slowOperation2());
    var result3 = scope.fork(() -> slowOperation3());

    scope.join();  // Cancela todos si pasa el deadline

    return combineResults(
        result1.get(), result2.get(), result3.get());

} catch (TimeoutException e) {
    return TransactionResult.failure(
        "Timeout: operations took longer than 5 seconds");
}
```

× Anti-Pattern 1: Leaking Tasks

- **NO hagas:** Fork tasks sin esperar `join()`
- **Problema:** Tasks huérfanas, resource leaks
- **Solución:** Siempre usa try-with-resources

× Anti-Pattern 2: Thread Pools con Virtual Threads

- **NO hagas:** `Executors.newFixedThreadPool(...)` para VTs
- **Problema:** Overhead innecesario, los VTs no necesitan pooling
- **Solución:** Crea VTs directamente con `Thread.ofVirtual()`

× Anti-Pattern 3: Ignorar InterruptedException

- **NO hagas:** Catch vacío o sin lógica de cancelación
- **Problema:** VTs dependen de interrupciones para cancelación
- **Solución:** Maneja interrupciones en tareas forked

✓ 1. Try-With-Resources Siempre

- Usa `try (var scope = ...)` para garantizar cleanup
- El scope cancela tasks pendientes automáticamente
- Evita leaks y garantiza resource management correcto

✓ 2. Manejo de Excepciones en Tareas

- Captura y maneja excepciones dentro de cada tarea forked
- Usa joiner apropiado: fail-fast para críticos, awaitAll para recolección
- Propaga contexto de error de forma clara

✓ 3. Scoped Values para Contexto

- Usa `ScopedValue` en lugar de ThreadLocal
- Inmutable, thread-safe, heredado por tareas forked
- Más eficiente con millones de virtual threads

Agenda

Cuando todas las validaciones pasan...

Comando: ./gradlew demoCompare

- **Reactive (CompletableFuture)**: 520ms
- **Concurrencia Estructurada**: 520ms
- **Resultado**: Misma performance en casos exitosos

¿Por qué iguales?

Ambos ejecutan las 4 validaciones en paralelo y esperan que todas terminen:

- Balance: 500ms, Card: 300ms, Expiration: 200ms, PIN: 400ms
- **Total**: max(500, 300, 200, 400) = 500ms + overhead $\approx$ 520ms

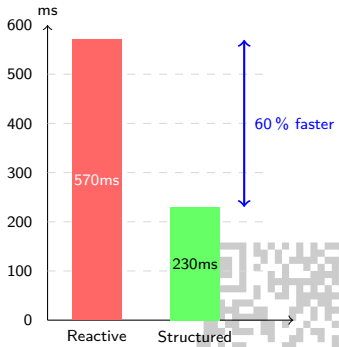
Cuando una validación falla...

Comando: demoCompareFailure

- **Reactive**: 570ms
- **Structured**: 230ms
- **Mejora**: **60 % más rápido**

¿Por qué?

- **Reactive**: allOf() espera TODAS
- **Structured**: Cancela automático



Resultado

Mejor UX y menor uso de recursos en errores

Agenda

```java
public class ScopedPaymentProcessor {
    public static final ScopedValue<TransactionRequest> TRANSACTION_REQUEST = ScopedValue.newInstance();
    public TransactionResult processTransaction(TransactionRequest request) {
        return ScopedValue.where(TRANSACTION_REQUEST, request).call(() -> {
            ValidationResult cardResult = cardValidationService.validate();
            if (!cardResult.success()) {
                auditLog("Transaction failed: " + cardResult.message());
                return TransactionResult.failure(cardResult.message());
            }
            try (var scope = StructuredTaskScope.open(StructuredTaskScope.Joiner.awaitAll())) {
                var balanceTask = scope.fork(balanceService::validate);  // ¡Sin parámetros!
                // ... más validaciones
                scope.join();
                checkResults(xxx);
                ValidationResult debitResult = balanceService.debit();
                return debitResult.success() ? TransactionResult.success(xxx) : TransactionResult.failure
            }
        });
    }
}
```

```
public class ScopedBalanceService {
    public ValidationResult validate() {
        TransactionRequest request = ScopedPaymentProcessor.TRANSACTION_REQUEST.get();  // ¡Sin parámetros!
        String cardNumber = request.cardNumber();
        auditLog("Starting balance validation for card: " + cardNumber.substring(cardNumber.length() - 4));
        DemoUtil.simulateNetworkDelay(500);
        if (request.amount().doubleValue() > 1000) {
            auditLog("Balance validation failed: Insufficient funds");
            return ValidationResult.failure("Balance Check: Insufficient funds");
        }

        auditLog("Balance validation successful");
        return ValidationResult.success("Balance Check: Validation successful");
    }

    public ValidationResult debit() {
        TransactionRequest request = ScopedPaymentProcessor.TRANSACTION_REQUEST.get();
        String cardNumber = request.cardNumber();
        auditLog("Starting debit for card: " + cardNumber.substring(cardNumber.length() - 4));
        DemoUtil.simulateNetworkDelay(300);
        return ValidationResult.success("Balance Debit: Amount successfully debited");
    }
}
```


► ¡Scoped Values son ESTABLES en Java 25!

No más ThreadLocal ni parameter drilling. **JEP 506**: ¡Propagación automática de contexto pronta para usar en producción!

Demo: Scoped Values en Acción

Propagación de contexto automática

¿Qué veremos?

- Definición de `ScopedValue<TransactionRequest>`
- Propagación automática a través de `scope.fork()`
- Acceso directo con `TRANSACTION_REQUEST.get()`
- Audit logs con los datos del request
- Integración perfecta con Concurrencia Estructurada.

Sin Scoped Values

Necesitarías: Pasar datos del `TransactionRequest` como parámetros a cada método, o usar ThreadLocal (problemático con hilos virtuales masivos).

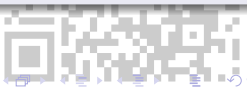
Agenda

Beneficios Inmediatos

- **Legibilidad:** Código que lee como se ejecuta
- **Mantenibilidad:** Más fácil de modificar y extender
- **Depuración:** Stack traces claros y útiles
- **Rendimiento:** Misma velocidad, mejor código
- **Manejo de recursos:** Garantías automáticas de cleanup

⋆ Roadmap de Adopción

- **HOY (Producción):** Scoped Values (**ESTABLES** en Java 25)
- **AHORA (Experimentar):** Concurrencia Estructurada (quinta preview - muy maduro)
- **Java 26:** Concurrencia Estructurada estable 🤞



1. **Scoped Values ya son estables:** Empieza a adoptarlos
2. **De vuelta a la simplicidad sin sacrificar performance**
3. **Concurrencia Estructurada aún está en preview**
4. **Código que lee como se ejecuta**
5. **Mejor experiencia del desarrollador sin trade-offs**

GitHub: `https://github.com/alcarraz/structured-concurrency`

Agenda

¿Preguntas?

¡Gracias!

Andrés Alcarraz
@ alcarraz@gmail.com

Agenda